



TUGAS AKHIR - RC141501

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG APARTEMEN GRAND DHIKA CITY JATIWARNA BEKASI-TOWER EMERALD MENGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIS KHUSUS

**ARIF RIJAL
NRP 3113 100 073**

**Dosen Pembimbing
Ir. HEPPY KRISTIJANTO, MS.
BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



TUGAS AKHIR - RC141501

**MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG
APARTEMEN GRAND DHIKA CITY
JATIWARNA BEKASI-TOWER EMERALD
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS**

**ARIF RIJAL
NRP 3113 100 073**

**Dosen Pembimbing
Ir. HEPPY KRISTIJANTO, MS.
BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - RC141501

**DESIGN MODIFICATION OF GRAND DHIKA
APARTMENT CITY JATIWARNA BEKASI -
EMERLAND TOWER BY USING SPECIAL
CONCENTRIC BRACED FRAME SYSTEM**

**ARIF RIJAL
NRP 3113 100 073**

**Supervisor
Ir. HEPPY KRISTIJANTO, MS.
BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D**

**CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017**

LEMBAR PENGESAHAN
MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG
APARTEMEN GRAND DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI – TOWER EMERALD MENGGUNAKAN
SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIS
KHUSUS

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Reguler Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ARIF RIJAL
NRP. 3113 100 073

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Heppy Kristijanto, MS

NIP : 196103111987011001

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

NIP : 197301281998021002

SURABAYA
JULI, 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG APARTEMEN GRAND DHIKA CITY JATIWARNA BEKASI – TOWER EMERALD MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIS KHUSUS

Nama Mahasiswa : Arif Rijal
NRP : 3113100073
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Heppy Kristijanto, MS
2. Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

ABSTRAK

Gedung Apartemen Grandhika City Jatiwarna Bekasi – Tower Emerald merupakan sebuah gedung apartemen yang terdiri dari 22 lantai yang didesain menggunakan struktur beton bertulang. Gedung ini terletak didaerah Jabodetabek dimana merupakan daerah yang rawan gempa. Dalam tugas akhir ini dilakukan perencanaan ulang dengan memodifikasi strukturnya menjadi struktur baja komposit dengan sistem rangka bresing konsentris khusus jenis inverted – V. Sistem rangka bresing konsentris khusus berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang memiliki tingkat kekakuan yang cukup baik dibanding sistem Moment Resisting Frame (MRF) dan proses pelaksanaan dan perawatan yang mudah. Dalam penyelesaiannya, akan dilakukan analisa struktur utama yang terdiri dari balok, kolom, dan bresing yang akan dimodelkan dengan alat bantu ETABS.

Telah dilakukan perhitungan modifikasi perencanaan struktur Gedung Apartemen Grand Dhika City Jatiwarna menggunakan Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus

(SRBKK). Perhitungan struktur yang dilakukan mengacu pada SNI 1729-2015, SNI 1726-2012, SNI 1727-2013 dan PPIUG 1983.

Dari analisa dan hasil perhitungan diperoleh hasil, yaitu: tebal pelat atap dan lantai 11 cm, dimensi balok induk ada 2 macam yaitu WF500.300.11.15 dan WF450.200.9.14, dimensi kolom lantai 1-7 CFT 600.600.32.32, dimensi kolom lantai 8-14 CFT 550.550.22.22, dimensi bresing menggunakan WF 600.300.12.20, dan *base plate* menggunakan *fixed plate* dari katalog Continental Steel. Sambungan struktur utama direncanakan sebagai sambungan kaku dengan baut fub 825 Mpa. Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang beton pracetak diameter 60 cm dengan kedalaman 22 m. Kolom pedestal direncanakan dengan ukuran 1200 mm x 1200 mm dengan tulangan utama 32D25 dan *sloof* ukuran 40 cm x 90 cm dengan tulangan utama 4D20 dan tulangan geser Ø10-150.

Kata Kunci : Baja-Beton Komposit, Bresing Konsentris, Apartemen

***DESIGN MODIFICATION OF GRAND DHIKA
APARTMENT CITY JATIWARNA BEKASI –
EMERLAND TOWER BY USING SPECIAL
CONCENTRIC BRACED FRAME SYSTEM***

Student Name : Arif Rijal
Registration Number : 3113100073
Supervisor : 1. Ir. Heppy Kristijanto, MS
2. Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

ABSTRACT

Grandhika City Apartment Apartment Jatiwarna Bekasi - Tower Emerald is an apartment building consist of 22 storey designed by using reinforced concrete structure. This building is located in Jabodetabek which is an area prone to earthquake. In this final project, re-designing is done by modify its structure into a composite steel structures with a special inverted V-type concentric bracing system. This special concentric bracing frame system serves as a retainer for the lateral force with better stiffness level compared to the Moment Resisting Frame (MRF) system and the process for implementation as well as the maintenance are easier. In its completion, the main structure element consists of beams, columns, and bresing will be analyzed and modelled with the assistance of ETABS

The calculation of the modification for the structure in Apartment Building Grand Dhika City Jatiwarna using Special Concentric Bracing Frame System (SRBKK) has been conducted. With the calculation for the structure is reffering to SNI 1729-2015, SNI 1726-2012, SNI 1727-2013 and PPIUG 1983.

The results from the analysis as well as the calculation indicates that: the thickness of the roof plate and floor 11 cm, there are 2

type of dimension for the main beam , WF500.300.11.15 and WF450.200.9.14, the dimensions of the column for 1-7 floor is CFT 600.600.32.32, column dimensions for 8-14 floor is CFT 550.550.22.22, dimension of the bracing is WF 600.300.12.20, and the base plate by using fixed plate from Continental Steel catalog. The connection for the main structure is designed as a rigid connection with 825 Mpa f_u^b bolts. designing the foundation by using precast concrete piles of 60 cm diameter with a depth of 22 m. The pedestal column is planned to have 1200 mm x 1200 mm with 32D25 of main reinforcement and 40 cm x 90 cm sloof with 4D20 of main reinforcement and Ø10-150 of shear reinforcement.

Keyword : Composite Steel, Concentric Bracing, Apartment

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Modifikasi Perencanaan Gedung Apartemen Grand Dhika City Jatiwarna Bekasi – Tower Emerald Menggunakan Sistem Rangka Bresing Kosentris Khusus”.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Orang tua dari penulis, yang telah memberikan doa dan dukungan baik moril maupun materil.
2. Endah Wahyuni, ST., M.Sc., Ph.D selaku dosen wali yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan selama penulis menjadi mahasiswa perkuliahan di S1 Teknik Sipil.
3. Ir. Heppy Kristijanto, MS dan Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, atas ilmu yang telah diberikan.
5. Pihak – pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang turut membantu dalam menyelesaikan Proposal tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Proposal Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengharapkan, semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat memenuhi harapan dan bermanfaat bagi kita semua, khususnya mahasiswa Teknik Sipil.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Umum.....	5
2.2. Struktur Komposit	5
2.3. Aksi Komposit.....	8
2.4. Struktur Gedung	10
2.5. Struktur Rangka Baja	10
BAB 3 METODOLOGI	17
3.1. Umum.....	17
3.2. Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir.....	17

3.3.	Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir.....	20
3.3.1.	Studi Literatur.....	20
3.3.2.	Pengumpulan Data	20
3.3.3.	Preliminary Design.....	21
3.3.4.	Pembebanan.....	21
3.3.5.	Perencanaan Struktur Sekunder.....	38
3.3.6.	Analisa dan Permodelan Struktur Utama	40
3.3.7.	Kontrol Struktur	41
3.3.8.	Kontrol Perencanaan Struktur Utama.....	43
3.3.9.	Perencanaan Sambungan	59
3.3.10.	Perencanaan Bresing Konsentris	64
3.3.11.	Perencanaan <i>Base Plate</i>	66
3.3.12.	Perencanaan Pondasi	68
3.3.13.	Perencanaan Poer	72
3.3.14.	Perencanaan Sloof	74
3.3.15.	Penggambaran Hasil Perencanaan.....	76
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		77
4.1.	Perencanaan Struktur Sekunder.....	77
4.1.1.	Perencanaan Pelat Lantai.....	77
4.1.2.	Perencanaan Balok Anak.....	81
4.1.3.	Perencanaan Balok Penggantung Lift	89
4.1.4.	Perencanaan Tangga dan Bordes.....	95
4.2.	Permodelan Struktur.....	114
4.2.1.	Pembebanan Struktur Utama.....	115

4.2.2. Berat Total Bangunan.....	117
4.2.3. Kombinasi Pembebanan	117
4.2.4. Pembebanan Gempa Dinamis.....	117
4.2.5. Permodelan Pelat Sebagai Diafragma	125
4.2.6. Arah Pembebanan.....	125
4.2.7. Analisis Struktur.....	126
4.3. Perencanaan Elemen Struktur Primer.....	140
4.3.1. Perencanaan Batang Bresing	141
4.3.2. Perencanaan Balok Induk.....	149
4.4. Perencanaan Sambungan	166
4.4.1. Sambungan Balok Anak Lantai Gedung dengan Balok Induk.....	166
4.4.2. Sambungan Balok Anak Atap Dengan Balok Induk	169
4.4.3. Sambungan Balok Utama Tangga Dengan Balok Penumpu Tangga.....	173
4.4.4. Sambungan Balok Penumpu Tangga Dengan Kolom	176
4.4.5. Sambungan Balok Induk 500x300x11x15 Dengan Kolom.....	178
4.4.6. Sambungan Balok Induk 450x200x9x14 Dengan Kolom.....	184
4.4.7. Sambungan batang bresing bawah	190
4.4.8. Sambungan batang bresing atas.....	194
4.4.9. Sambungan Antar Kolom dengan ukuran 600x600	197

4.4.10. Sambungan Antar Kolom ukuran 600x600 dengan 550x550	199
4.4.11. Sambungan Kolom dengan Base Plate	201
4.5. Perencanaan Struktur Bawah.....	209
4.5.1. Perencanaan Pondasi	209
4.5.2. Perencanaan <i>Pilecap</i>	216
4.5.3. Perencanaan Kolom Pedestal	224
4.5.4. Perencanaan Balok <i>Sloof</i>	227
BAB 5 PENUTUP.....	233
5.1. Kesimpulan.....	233
5.2. Saran.....	235
DAFTAR PUSTAKA.....	237

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Balok Komposit dengan Penghubung Geser	6
Gambar 2. 2 Balok Baja yang Diberi Selubung Beton.....	6
Gambar 2. 3 Profil Baja Berselubung Beton dan Profil Baja Kingcross.....	7
Gambar 2. 4 Profil Baja Berintikan Beton	8
Gambar 2. 5 Lendutan Balok non Komposit Sumber : Salmon dkk, 1991	9
Gambar 2. 6 Lendutan pada Balok Komposit	10
Gambar 2. 7 Konfigurasi Sistem Portal Berpengaku Isentrik	11
Gambar 2. 8 Konfigurasi Sistem Portal Berpengaku Eksentrik ..	13
Gambar 2. 9 Konfigurasi Sistem CBF.....	14
Gambar 2. 10 Kekakuan Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus.....	15
 Gambar 3. 1 Flow Chart Perencanaan.....	19
Gambar 3. 2 Koefisien risiko terpetakan, perioda respon spektral 0.2 detik.....	27
Gambar 3. 3 Koefisien risiko terpetakan, perioda respon spektral 1 detik.....	28
Gambar 3. 4 Ketentuan Penggambaran Grafik Respon Spektrum	37
Gambar 3. 5 Penentuan Simpangan Antar Tingkat	42
Gambar 3. 6 Potongan Balok Dengan Penghung Geser Stud.....	50
Gambar 3. 7 Potongan Balok Dengan Penghubung Geser Baja Kanal	51
Gambar 3. 8 Rencana Bresing	65
Gambar 3. 9 Penampang Base Plate.....	67
Gambar 3. 10 Pondasi Tiang Pancang Group	70

Gambar 3. 11 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Aksial Tiang Pancang	73
--	----

Gambar 4. 1 Denah Pelat Lantai Atap.....	77
Gambar 4. 2 Detail Pelat Lantai Atap	78
Gambar 4. 3 Penulangan Pelat Lantai Atap.....	79
Gambar 4. 4 Denah Pelat Lantai Apartemen	79
Gambar 4. 5 Detail Pelat Lantai Apartemen	80
Gambar 4. 6 Penulangan Pelat Lantai Apartemen.....	81
Gambar 4. 7 Denah Balok Anak Lantai Atap.....	82
Gambar 4. 8 Denah Balok Anak Lantai Apartemen.....	86
Gambar 4. 9 Rencana Lift	90
Gambar 4. 10 Hoistway Section.....	90
Gambar 4. 11 Model Pembebanan Balok Penggantung Lift.....	92
Gambar 4. 12 Diagram Momen Balok Penggantung Lift	93
Gambar 4. 13 Denah Tangga.....	96
Gambar 4. 14 Tampak Samping Tangga.....	97
Gambar 4. 15 Denah Tangga.....	99
Gambar 4. 16 Tampak Samping Tangga.....	99
Gambar 4. 17 Model Pembebanan Balok Utama Tangga	102
Gambar 4. 18 Bidang M Balok Tangga.....	104
Gambar 4. 19 Bidang D Balok Tangga	105
Gambar 4. 20 Bidang N Balok Tangga	106
Gambar 4. 21 Analisa Lendutan Balok Utama Tangga.....	108
Gambar 4. 22 Pembebanan Balok Penumpu Tangga	109
Gambar 4. 23 Diagram Momen Balok Penggantung Tangga ...	112
Gambar 4. 24 Analisa Lendutan Balok Penumpu Tangga	113
Gambar 4. 25 Denah Struktur Gedung Apartemen Grand Dhika City Jatiwarna.....	114
Gambar 4. 26 Permodelan Gedung Apartemen Grand Dhika City Jatiwarna.....	115

Gambar 4. 27 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Bekasi	125
Gambar 4. 28 Denah Gedung Yang Ditinjau	126
Gambar 4. 29 Hasil Output ETABS Base Reaction	129
Gambar 4. 30 Elemen Arah X	141
Gambar 4. 31 Gaya Tekan dan Tarik Bresing Arah X	142
Gambar 4. 32 Element Arah Y	145
Gambar 4. 33 Gaya Tekan dan Tarik <i>Bresing</i> Arah Y	146
Gambar 4. 34 Element Balok yang Ditinjau Arah X	149
Gambar 4. 35 Gaya Dalam Balok Arah X	150
Gambar 4. 36 Element Balok yang Ditinjau Arah	153
Gambar 4. 37 Gaya Dalam Balok Arah Y	154
Gambar 4. 38 Kolom CFT HSS 600.600.15.15	159
Gambar 4. 39 Detail Sambungan Balok Anak Lantai	166
Gambar 4. 40 Detail Pelat Siku Pada Gelagar	168
Gambar 4. 41 Detail Sambungan Balok Anak Atap	170
Gambar 4. 42 Detail Pelat Siku Pada Gelagar	172
Gambar 4. 43 Sambungan Balok Utama Tangga Dengan Balok Penumpu Tangga	173
Gambar 4. 44 Detail Pelat Siku Pada Gelagar	175
Gambar 4. 45 Sambungan Balok Penumpu Tangga Dengan Kolom	176
Gambar 4. 46 Sambungan Balok Induk 500x300x11x15 dengan kolom	183
Gambar 4. 47 Sambungan Balok Induk 500x300x11x15 dengan kolom	184
Gambar 4. 48 Sambungan Balok Induk 450x200x9x14 dengan kolom	189
Gambar 4. 49 Detail Sambungan Balok Induk 450x200x9x14 dengan kolom	190
Gambar 4. 50 Sambungan Bresing Untuk Batang Bawah	191
Gambar 4. 51 Potongan Melintang Bresing Untuk Batang Bawah	191

Gambar 4. 52 Sambungan bresing untuk batang atas.....	194
Gambar 4. 53 Potongan Melintang Sambungan Bresing untuk Batang Atas	195
Gambar 4. 54 Sambungan Antar Kolom 600x600x32x32	199
Gambar 4. 55 Sambungan Antara Kolom 600x600x32x32 dengan Kolom 550x550x22x22.....	201
Gambar 4. 56 Arah Beban Sumbu X Pada Base Plate	204
Gambar 4. 57 Arah Beban Sumbu Y Pada Base Plate	205
Gambar 4. 58 Base Plate Pada Kolom.....	208
Gambar 4. 59 Tampak Samping Base Plate dan Kolom Pedestal	209
Gambar 4. 60 Denah Rencana Pondasi	210
Gambar 4. 61 Konfigurasi Tiang Pancang pada Pilecap Tipe 1 213	
Gambar 4. 62 Penampang Kritis Pilecap akibat Pedestal.....	217
Gambar 4. 63 Daerah Beban Penulangan Lentur Arah Sumbu X	219
Gambar 4. 64 Daerah Beban Penulangan Lentur Arah Sumbu Y	221
Gambar 4. 65 Hasil Analisa Kolom Pedestal Akibat Kombinasi Pu max menggunakan spcolumn	225
Gambar 4. 66 Hasil Analisa Kolom Pedestal Akibat Kombinasi Mux max menggunakan spcolumn.....	225
Gambar 4. 67 Hasil Analisa Kolom Pedestal Akibat Kombinasi Muy max menggunakan spcolumn.....	226
Gambar 4. 68 Penulangan Kolom Pedestal	227
Gambar 4. 69 Detail Penulangan Balok Sloof Tumpuan dan Lapangan	231

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa	24
Tabel 3. 2 Faktor Keutamaan Gempa.....	27
Tabel 3. 3 Klasifikasi Situs.....	28
Tabel 3. 4 Koefisien Situs Fa	30
Tabel 3. 5 Koefisien Situs Fv	30
Tabel 3. 6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons	31
Tabel 3. 7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons	31
Tabel 3. 8 Faktor R, Cd dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	32
Tabel 3. 9 Nilai Koefisien Waktu Getar Perkiraan C_t Dan x	33
Tabel 3. 10 Koefisien Untuk Batas Atas Periode Hasil Perhitungan.....	34
Tabel 3. 11 Simpangan Antar Tingkat Izin (SNI 1726-2012 Tabel 16).....	42
Tabel 3. 12 Tabel Penentuan Tebal Minimum Las Sudut	64
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Perhitungan Pelat Atap.....	79
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Perhitungan Pelat Lantai Apartemen.....	81
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak Atap	85
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak Lantai Apartemen.....	89
Tabel 4. 5 Tabel Perhitungan N Rata-Rata.....	118
Tabel 4. 6 Parameter Respon Gempa Wilayah Bekasi Untuk Tanah Sedang (D).....	124
Tabel 4. 7 Perhitungan Beban	127
Tabel 4. 8 Rasio Partisipasi Massa.....	130
Tabel 4. 9 Periode dan Frekuensi Struktur	132

Tabel 4. 10 Reaksi Dasar Struktur.....	134
Tabel 4. 11 Gaya Geser Lantai Dasar Akibat Beban Gempa	135
Tabel 4. 12 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat	137
Tabel 4. 13 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat	138
Tabel 4. 14 Rekapitulasi Kontrol Kolom	165
Tabel 4. 15 Data Tanah SPT dan Nilai Koreksi (N')	211
Tabel 4. 16 Rekapitulasi Gaya Kolom Akibat Gempa X	214
Tabel 4. 17 Rekapitulasi Gaya Kolom Akibat Gempa Y	214
Tabel 4. 18 Gaya Total yang Diterima Pilecap	214
Tabel 4. 19 Rekapitulasi Kedalaman Tiang Pancang dan Penulangan Pilecap.....	223

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Wilayah Jakarta dan sekitarnya (Jabodetabek) merupakan daerah yang rawan gempa. Dilihat dari beberapa kejadian gempa yang menerjang Jakarta dan sekitarnya. Yang terbaru terjadi pada Rabu 19 Oktober 2016 lalu, gempa dengan kekuatan 6,5 skala Richter mengguncang pantai utara Jakarta, Banten, dan Jawa Barat. Meski gempa ini tidak menimbulkan kerusakan, warga Jakarta yang tinggal di gedung bertingkat dan apartemen merasakan guncangan yang lebih kuat. Terhitung terjadi beberapa kali Jakarta dan sekitarnya diguncang oleh gempa. Hal ini menunjukkan bahwa bencana yang sama bisa berulang di Jakarta dan sekitarnya karena fakta membuktikan bahwa sejarah gempa selalu terulang dalam periode waktu tertentu. Oleh karena itu, bangunan – bangunan tinggi di Jakarta dan sekitarnya harus dibangun dengan konstruksi tahan gempa untuk mencegah terjadi kegagalan struktur sehingga diharapkan dapat meminimalisir kerusakan yang terjadi dan korban jiwa akibat gempa yang terjadi.

Dalam perencanaan konstruksi bangunan tahan gempa, material dan sistem struktur merupakan hal utama yang perlu diperhatikan. Penggunaan material baja komposit pada struktur bangunan dapat menjadi solusi dalam perencanaan konstruksi bangunan tahan gempa dikarenakan material baja memiliki beberapa keunggulan dibandingkan material lain seperti memiliki sifat daktilitas dan kekuatan yang tinggi. Adanya interaksi antara komponen struktur baja dan beton dengan karakteristik dasar bahan yang dioptimalkan membuat penggunaan baja komposit akan memanfaatkan seluruh penampang untuk menerima beban sehingga dengan penampang yang lebih kecil, beban yang mampu diterima sama dengan beton bertulang biasa.

Salmon (1991) menyebutkan beberapa keunggulan sistem komposit antara lain, penghematan berat baja, penampang balok

yang digunakan lebih kecil, kekakuan lantai meningkat, dan kapasitas menahan beban lebih besar.

Selain dari segi material, dari segi sistem struktur perlu diperhatikan. Pemilihan sistem penahan gempa yang tepat akan mempengaruhi kinerja dari bangunan dalam menahan beban gempa. Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus (SRBKK) adalah sebuah sistem yang memiliki keunggulan antara lain, membuat elemen struktur menjadi lebih kaku dan dari segi pemasangan, dan perbaikan kerusakan struktur SRBKK lebih mudah. Hal ini perlu diperhatikan karena dalam mendesain bangunan tahan gempa, kita tidak hanya melihat dari segi perencanaan saja, tapi juga pemasangan dan perbaikan kerusakan struktur perlu diperhatikan.

Dengan meninjau beberapa hal diatas, maka pada tugas akhir ini akan dilakukan perencanaan modifikasi pada gedung Apartemen Grandhika City Jatiwarna Bekasi – Tower Emerald yang terletak pada daerah rawan gempa. Bangunan setinggi 22 lantai ini akan dimodifikasi dengan menggunakan baja komposit dan Sistem Rangka Bresing konsentris Khusus (SRBKK) untuk mendapatkan kinerja struktur yang lebih baik dan lebih efektif dalam meningkatkan kapasitas pembebanan serta kekakuan bangunan.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang ada dalam modifikasi perencanaan gedung Apartemen Grandhika City Jatiwarna Bekasi, adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perencanaan *preliminary design* dimensi struktur ?
2. Bagaimana permodelan pembebanan setelah adanya modifikasi ?
3. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak, tangga, dan balok penggantung lift ?
4. Bagaimana memodelkan dan menganalisa struktur pada program bantu ?

5. Bagaimana merencanakan struktur primer yang meliputi bresing konsentris, balok dan kolom ?
6. Bagaimana merencanakan sambungan yang akan diterapkan sesuai kriteria struktur ?
7. Bagaimana merencanakan pondasi yang sesuai dengan beban dan kondisi tanah yang ada ?
8. Bagaimana menuangkan hasil perencanaan dan perhitungan dalam bentuk gambar teknik ?

1.3. Tujuan

Secara garis besar, tujuan dari penyusunan tugas akhir modifikasi perencanaan gedung Apartemen Grandhika City Jatiwarna Bekasi, adalah sebagai berikut:

1. Merencanakan *preliminary design* dimensi struktur.
2. Memodelkan pembebanan setelah adanya modifikasi.
3. Merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak, tangga, dan balok penggantung lift.
4. Memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu.
5. Merencanakan struktur primer yang meliputi bresing konsentris, balok, dan kolom.
6. Merencanakan sambungan yang akan diterapkan sesuai dengan kriteria struktur.
7. Merencanakan pondasi yang sesuai dengan beban dan kondisi tanah yang ada.
8. Menuangkan hasil perencanaan dan perhitungan dalam bentuk gambar teknik.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan tidak meninjau analisa biaya, arsitektural, metode konstruksi, dan metode pelaksanaan didalam penyelesaian pekerjaan proyek.
2. Perencanaan tidak menghitung basement.
3. Perencanaan ditinjau dari segi teknik saja seperti, perencanaan balok anak, tangga, balok induk, kolom pondasi, dan analisa struktur menggunakan program bantu.

1.5. Manfaat Penulisan

Manfaat yang diharapkan dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Tersedianya rancangan gedung Apartement Grand Dhika City Jatiwarna dengan baja komposit dan Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus (SRBKK).
2. Memberikan alternatif struktur lain yang lebih efisien.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Struktur baja komposit dalam aplikasinya berperan sebagai elemen dari bangunan, baik sebagai kolom, balok dan pelat. Struktur balok komposit terdiri dari dua tipe, yaitu balok komposit dengan penghubung geser dan balok komposit terselubung beton. Kolom komposit dapat berupa pipa baja yang dicor beton atau baja profil yang terselimuti beton dengan tulangan longitudinal dan diikat dengan tulangan lateral. Pada struktur pelat komposit digunakan pelat beton yang bagian bawahnya diperkuat dek baja bergelombang. (Widiarsa & Deskata, 2007).

Sistem struktur Bresing Konsentris Khusus merupakan pengembangan dari system portal tidak berpengaku atau yang lebih dikenal sebagai Moment Resisting Frame (MRF). Sistem ini dikembangkan sebagai system penahan gaya lateral dan memiliki kekakuan yang lebih baik dibanding MRF. Kekakuan system ini terjadi akibat adanya elemen pengaku yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral struktur.

2.2. Struktur Komposit

Struktur komposit (Composite) merupakan struktur yang terdiri dari dua material atau lebih dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik. Sedangkan batang komposit adalah batang yang terdiri dari profil baja dan beton yang digabung untuk memikul beban tekan atau lentur. Batang pemikul lentur disebut dengan balok komposit, sedangkan batang pemikul tekan disebut dengan kolom komposit.

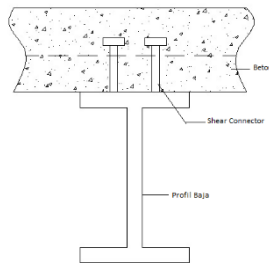
Balok Komposit

Balok adalah elemen struktur penahan beban yang bekerja tegak lurus dengan sumbu longitudinalnya. Balok dirancang untuk menahan dan mentransfer beban menuju elemen kolom

a. Tipe – Tipe Balok Komposit

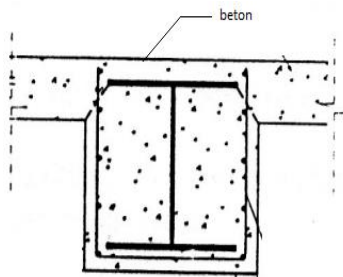
Ada dua tipe dari balok komposit, antara lain:

- a. Balok komposit dengan penghubung geser
- b. Balok baja yang diberi selubung beton



Gambar 2. 1 Balok Komposit dengan Penghubung Geser

Sumber : Isdarmanu, Marwan . Diktat Kuliah Struktur Baja 2



Gambar 2. 2 Balok Baja yang Diberi Selubung Beton

Sumber : Isdarmanu, Marwan . Diktat Kuliah Struktur Baja 2

Balok komposit dengan penghubung geser dibagi menjadi 2 macam, yaitu :

- a. Balok komposit tanpa deck
- b. Balok komposit dengan deck

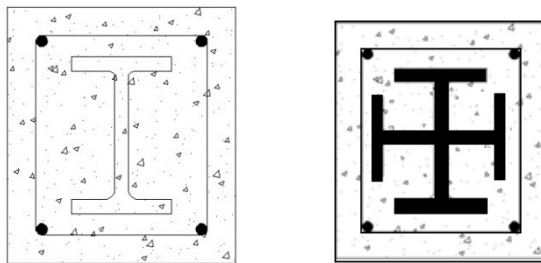
Kolom Komposit

a. Tipe – Tipe Kolom Komposit

Ada dua tipe kolom komposit, yaitu :

1. Kolom baja berselubung beton

Kolom komposit yang terbuat dari profil baja yang diberi selubung beton di sekelilingnya. Pada kolom baja berselubung beton, penambahan beton akan menunda kegagalan lokal pada profil baja serta memiliki ketahanan terhadap korosi yang lebih baik ketimbang kolom baja berintikan beton. Material baja pada kolom baja berselubung beton berfungsi sebagai penahan beban yang terjadi setelah beton mengalami kegagalan.



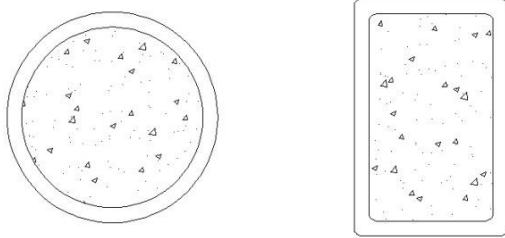
Gambar 2. 3 Profil Baja Berselubung Beton dan Profil Baja Kingcross

Sumber : Isdarmanu, Marwan . Diktat Kuliah Struktur Baja 2

2. Kolom baja berintikan beton

Kolom komposit dengan penampang baja berongga yang diisi dengan beton. Pada kolom baja terisi beton, material baja berfungsi sebagai wadah bagi cor coran beton

dan berfungsi paling krusial bagi perencanaan. Kolom baja terisi beton memiliki keuntungan pada saat dilaksanakan di lapangan, karena pengerjaannya cepat dan tidak sukar dalam pengerjaannya.



Gambar 2. 4 Profil Baja Berintikan Beton

Sumber : Isdarmanu, Marwan . Diktat Kuliah Struktur Baja 2

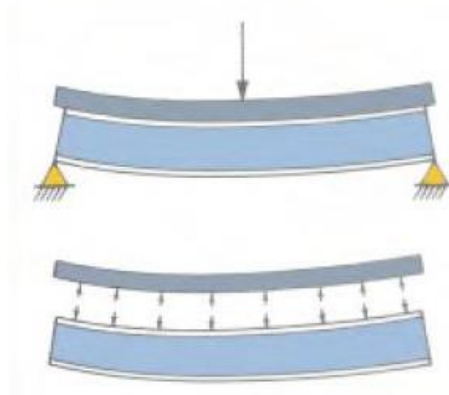
Kolom komposit menjadi solusi efektif bagi permasalahan yang ada pada desain yang praktis. Salah satunya, yaitu jika beban yang terjadi pada struktur kolom sangat besar, maka penambahan material beton pada struktur kolom dapat memikul beban yang terjadi, sehingga ukuran profil baja yang dipergunakan tidak terlalu besar (*Leon & Griffis, 2005*).

2.3. Aksi Komposit

Aksi komposit terjadi apabila dua batang struktural pemikul beban seperti pada pelat beton dan balok baja sebagai penyangganya dihubungkan secara menyeluruh dan mengalami defleksi dalam satu kesatuan.

a. Balok non-komposit

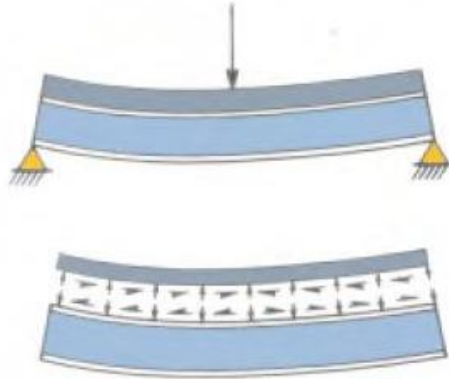
Pada balok non komposit, pelat beton dan balok baja tidak bekerja bersama-sama sebagai satu kesatuan karena tidak terpasang alat penghubung geser. Apabila balok non komposit mengalami defleksi pada saat dibebani, maka permukaan bawah pelat beton akan tertarik dan mengalami perpanjangan, sedangkan permukaan atas dari balok baja akan tertekan dan mengalami perpendekan.



Gambar 2. 5 Lendutan Balok non Komposit
Sumber : Salmon dkk, 1991

b. Balok komposit

Pada balok komposit, pelat beton dan balok baja bekerja bersama-sama sebagai satu kesatuan karena terpasang alat penghubung geser. Apabila balok komposit mengalami defleksi pada saat dibebani. Pada bidang kontak tersebut bekerja gaya geser vertikal dan horizontal, dimana gaya geser horizontal tersebut akan menahan perpanjangan serat bawah pelat dan perpendekan serat atas balok baja.



Gambar 2. 6 Lendutan pada Balok Komposit

Sumber : Salmon dkk, 1991

2.4. Struktur Gedung

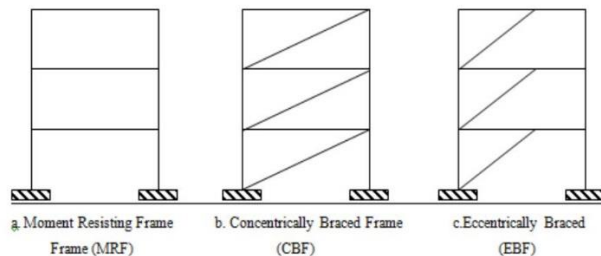
Pembagian keteraturan gedung diatur dalam SNI 1726-2012 pasal 7.3.2 . Adapun penggolongannya sebagai berikut :

1. Struktur Gedung Beraturan
Pengaruh gempa rencana struktur gedung beraturan dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa static ekuivalen.
2. Struktur Gedung Tidak Beraturan
Pengaruh gempa rencana struktur menggunakan analisa respons dinamik.

2.5. Struktur Rangka Baja

Menurut Aziz (2012), struktur rangka baja gempa terdiri dari *Momen Resisting Frame* (MRF) dan *Braced Frame* (BF). MRF merupakan struktur rangka yang bekerja secara inelastic penuh saat terjadi gempa dan mempunyai daktilitas yang sangat tinggi. Sedangkan BF mengutamakan kekakuan dari sistem rangka vertikal sebagai penahan beban lateral. BF mempunyai elemen *bracing* yang berguna memperkaku dan memperkuat struktur

rangka. BF terbagi dua, yaitu *Concentrically Braced Frame* (CBF) dan *Eccentrically Braced Frame* (EBF). CBF adalah struktur portal penahan lateral yang mempunyai kekakuan elastis yang tinggi. Kekakuan yang tinggi didapat dari pengaku (*bracing*) diagonal dengan mengembangkan aksi gaya dalam aksial dan lentur yang relative kecil. Sedangkan EBF merupakan suatu sistem struktur rangka baja tahan gempa yang mempunyai kekakuan elastic yang sangat baik (*excellent elastic stiffness*) di bawah pembebanan lateral gempa sedang layaknya CBF dan mempunyai daktilitas yang bagus (*good ductility*) dibawah beban lateral gempa besar layaknya MRF.



Gambar 2. 7 Konfigurasi Sistem Portal Berpengaku Isentrik
Sumber : Wijaya (2010)

a. **Moment Resisting Frame (MRF)**

Sistem struktur MRF memberikan ruang yang luas pada suatu bangunan. Oleh karena itu system ini sering diminati oleh banyak arsitek dan juga banyak juga digunakan untuk struktur gedung intuisi atau perkantoran yang memerlukan ruang yang luas. Pada sistem struktur MRF, sambungan antara balok dan kolom harus di desain cukup kuat untuk memperkuat kekuatan balok dan mengurangi risiko keruntuhan *brittle* pada sambungan balok dan kolom. Dengan rentang balok yang cukup lebar (tanpa pengaku), system MRF dapat memberikan deformasi yang cukup besar sehingga

sistem ini memiliki daktilitas yang cukup besar dibandingkan dengan jenis portal baja tahan gempa lainnya. (Azis, 2012).

Keuntungan dan kelemahan dari penggunaan struktur rangka MRF menurut Wijaya (2010):

Keuntungan :

- Portal yang cukup sederhana yang tidak akan mengganggu penempatan arsitektural bangunan seperti dinding, jendela, ventilasi, dan bagian-bagian bangunan lainnya.

Kelemahan :

- Daktilitasnya rendah karena kemampuan untuk menyerap energi akibat beban gempa sangat kurang.

Selain itu kekakuan jenis sistem portal ini sangat tidak kaku

b. Eccentrically Braced Frame (EBF)

Eccentrically Braced Frames (EBF) merupakan konsep desain gabungan antara konsep daktilitas dan disipasi energi yang baik dari desain *Moment-Resisting Frames* (MRF) dengan karakteristik kekakuan elastik yang tinggi dari desain *Concentrically Braced Frames* (CBF). Karakteristik yang membedakan EBF dengan desain struktur tahan gempa MRF dan CBF adalah adanya penghubung yang terdapat pada setidaknya salah satu ujung dari *bracing* yang disebut sebagai *link*. Konsep desain tahan gempa EBF adalah elemen *link* ditetapkan sebagai bagian yang akan rusak sedangkan elemen lain diharapkan tetap berada dalam kondisi elastik. Kelehan yang terjadi pada elemen *link* dapat berupa kelelahan geser atau kelelahan lentur. Tipe kelelahan ini sangat tergantung pada panjang link tersebut. (Engelhardt dan Popov, 1989; 1992 dalam Nidiasari dkk, 2011).

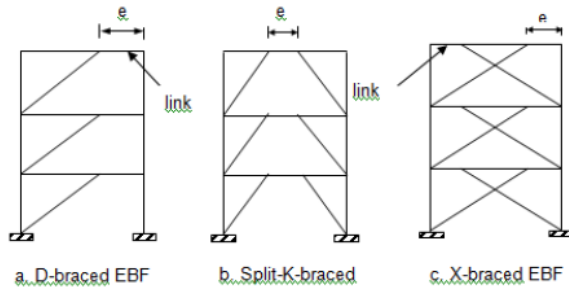
Keuntungan dan kelemahan dari penggunaan struktur rangka EBF menurut Wijaya (2010):

Keuntungan:

- Daktilitasnya lebih baik dibandingkan dengan CBF.

Kelemahan:

- Sistem ini mempunyai kekakuan yang lebih rendah dari CBF.
- Arsitekturalnya, yaitu akan menyulitkan dalam penempatan dinding, jendela dan bagian bangunan lainnya.



Gambar 2. 8 Konfigurasi Sistem Portal Berpengaku
Eksentrik
Sumber : Wijaya (2010)

c. **Concetrically Braced Frames (CBF)**

Sistem struktur CBF merupakan salah satu sistem struktur yang digunakan untuk menahan beban lateral dengan kekakuan struktur yang tinggi. Kekakuan yang tinggi pada struktur ini dihasilkan oleh elemen batang diagonal yang berfungsi untuk menahan beban lateral pada struktur. Pada sistem struktur ini, elemen *bracing* diharapkan mampu berdeformasi *inelastic* yang besar tanpa terjadi kehilangan yang signifikan pada kekuatan dan kekakuan struktur. Secara umum, sistem struktur CBF memiliki kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan struktur MRF, karena adanya elemen bresing pada struktur. Namun demikian, kekakuan yang besar pada CBF mengakibatkan deformasi yang terjadi pada struktur lebih terbatas sehingga daktilitas struktur CBF

lebih rendah jika dibandingkan dengan sistem struktur MRF (Azis, 2010).

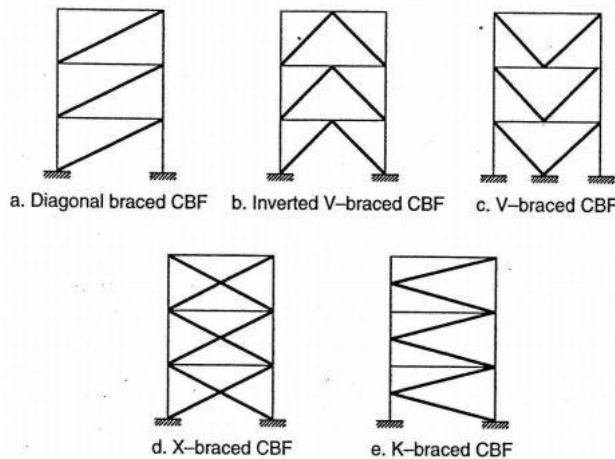
Keuntungan dan kelemahan dari penggunaan struktur rangka CBF menurut Wijaya (2010) :

Keuntungan :

- Sistem ini memiliki kekakuan yang sangat bagus dibandingkan dengan EBF dan MRF.

Kelemahan :

- Daktilitas sistem struktur ini lebih rendah dibandingkan dengan EBF dan MRF.



Gambar 2. 9 Konfigurasi Sistem CBF

Sumber : Husain, dkk (2011)

d. Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus (SRBKK)

Pada sistem struktur CBF, dibagi menjadi dua kategori yaitu Sistem Rangka Bresing Konsentrik Biasa (SRBKB) dan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus (SRBKK). Pada sistem SRBKB diharapkan sistem ini dapat mengalami

deformasi inelastic secara terbatas apabila dibebani oleh gaya-gaya yang berasal dari beban gempa rencana. Berbeda dengan SRBKB, pada sistem SRBKK diharapkan struktur dapat berdeformasi inelastic cukup besar akibat gaya gempa rencana. Sistem SRBKK memiliki daktilitas yang lebih tinggi dibandingkan SRBKB dan penurunan kekuatan pada SRBKK lebih kecil pada saat terjadi tekuk pada bresing tekan.



Gambar 2. 10 Kekakuan Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus
Sumber : Salmon dkk, 1991

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3

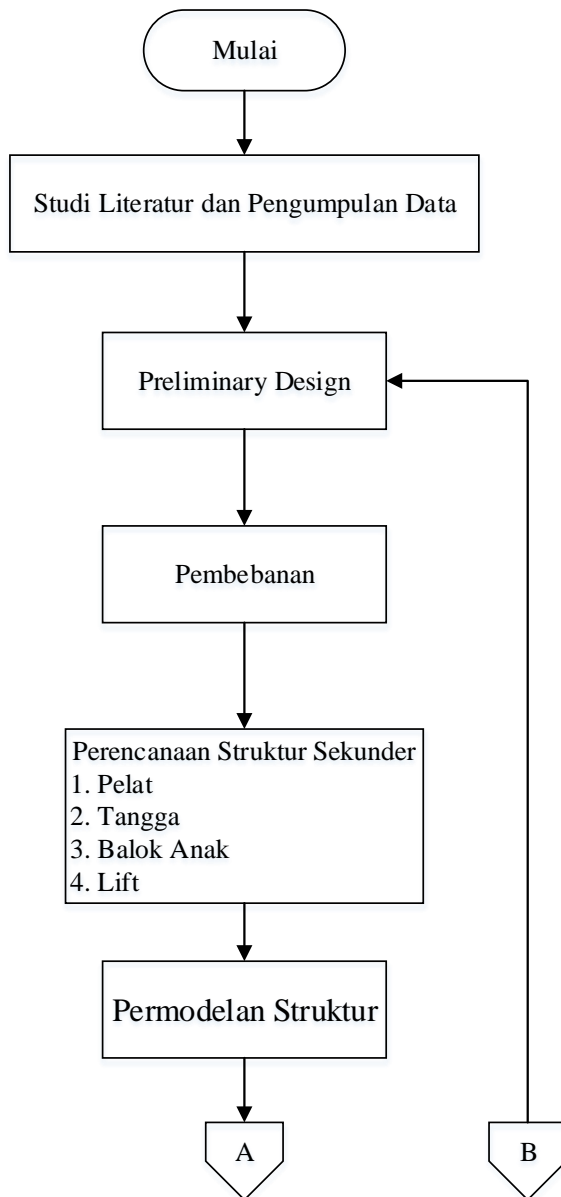
METODOLOGI

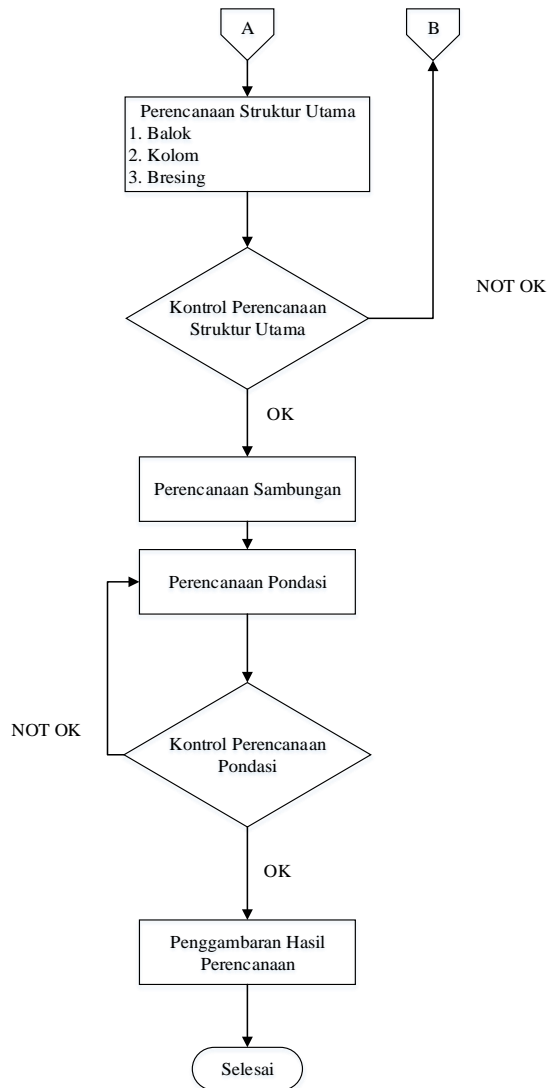
3.1. Umum

Dalam Menyelesaikan tugas akhir ini, kita perlu menyusun langkah – langkah yang harus dilakukan, dimulai dari pengumpulan data hingga tujuan akhir dari tugas akhir ini. Dengan disusunnya langkah – langkah sebelum mengerjakan tugas akhir ini, diharapkan akan membantu kita dalam mengerjakan tugas akhir ini.

3.2. Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Langkah – langkah yang dilakukan untuk mengerjakan tugas akhir ini, dapat dilihat dalam *flow chart* dibawah ini :





Gambar 3. 1 Flow Chart Perencanaan

3.3. Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

Berdasarkan diagram alir diatas, maka metodologi yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

3.3.1. Studi Literatur

Mencari literatur dan peraturan (Building Code) yang akan menjadi acuan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, adapun beberapa literatur dan jurnal dalam pengerjaan tugas akhir ini. Untuk peraturan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. SNI 1729-2015
Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, Badan Standarisasi Nasional.
2. SNI 1726-2012
Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung.
3. SNI 1727-2013
Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain

3.3.2. Pengumpulan Data

Melakukan pengumpulan data bangunan dan data tanah gedung Apartemen Grandhika City Jatiwarna Bekasi – Tower Emerald. Berikut adalah data umum dari bangunan:

1. Nama Gedung : Apartemen Grandhika City Jatiwarna Bekasi – Tower Emerald
2. Lokasi : Jl. Raya Hankam, Exit Toll Jatiwarna, Jatiwarna, Bekasi
3. Fungsi : Apartemen
4. Jumlah Lantai : 22 Lantai
5. Tinggi Gedung : 75 meter
6. Material struktur : Beton Bertulang
7. Kondisi tanah : Tanah keras
8. Data tanah : Terlampir

3.3.3. Preliminary Design

Adapun Tugas Akhir ini akan dimodifikasi perencanaannya menggunakan material baja dengan data sebagai berikut :

1. Nama Gedung : Apartemen Grandhika City
Jatiwarna Bekasi – Tower Emerald
2. Lokasi : Jl. Raya Hankam, Exit Toll
Jatiwarna, Jatiwarna, Bekasi
3. Fungsi : Apartemen
4. Jumlah lantai : 22 Lantai
5. Tinggi gedung : 75 meter
6. Material struktur : Baja – beton Komposit
7. Sistem struktur : Sistem Rangka Bresiing Konsentris
Khusus

3.3.4. Pembebanan

Perencanaan pembebanan pada pada struktur yang dihitung berdasarkan PPIUG 1983, SNI 1727 - 2013 dan SNI 1726-2012. Pembebanan yang digunakan antara lain :

a. Beban Mati

Beban mati terdiri atas berat seluruh material elemen struktur pembangun gedung serta perlengkapan permanen di dalam gedung berdasarkan SNI 1727-2013 dan PPIUG 1983.

b. Beban Hidup

Beban hidup terdiri dari beban yang diakibatkan oleh pemakaian gedung dan tidak termasuk beban mati, beban konstruksi atau beban akibat fenomena alam seperti beban angin, beban salju, beban hujan, dan beban akibat banjir. Beban hidup akan di input kedalam struktur berupa beban tributary yang langsung didistribusikan melalui balok yang berdasarkan SNI 1727-2013.

c. Beban Angin

Analisa beban angin pada gedung ini mengacu pada SNI 1727-2013 tabel 27.2-1, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan kategori risiko bangunan gedung atau struktur lain (Tabel 1.5-1).
2. Menentukan faktor kepentingan (Tabel 1.5-2).
3. Kecepatan angin dasar (V), pasal 26.5.1
4. Menentukan faktor arah angin (Kd), pasal 26.7.
5. Menentukan kategori eksposur Menentukan faktor topografi (Kzt), pasal 26.8.2 dan persamaan 26.8-1.
6. Faktor efek tiupan angin (G), pasal 26.9.
7. Menentukan koefisien tekanan internal (GC_{pi}), pasal 26.11
8. Menentukan koefisien eksposur tekanan velositas (Kzt), pasal 27.3.1.
9. Menentukan tekanan velositas (qz), pasal 27.3.2.
10. Menentukan koefien tekanan eksternal (C_p), pasal 27.4.1.
11. Menghitung tekanan angin (p), persamaan 27.4.1.

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi}) \left(\frac{lb}{ft^2} \right) \left(\frac{N}{m^2} \right) \quad (3.1)$$

Keterangan :

- q = qz untuk dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian z diatas permukaan tanah
- qh = qh untuk dinding di sisi angin pergi, dinding samping, dan atap yang diukur pada ketinggian h
- qi = qh untuk dinding di sisi angin datang, dinding samping, dinding di sisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup untuk mengevaluasi

- tekanan internal negatif pada bangunan gedung tertutup sebagian
- q_i = q_z untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi z ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif. Untuk bangunan gedung yang terletak di wilayah berpartikel terbawa angin, kaca yang tidak tahan impak atau dilindungi dengan penutup tahan impak harus diperlakukan sebagai bukaan sesuai dengan Pasal 26.10.3. Untuk menghitung tekanan internal positif, q_i secara konservatif boleh dihitung pada ketinggian h ($q_i = q_h$)
- G = faktor efek-tiupan angin
- C_p = koefisien tekanan eksternal
- (GC_{pi}) = koefisien tekanan internal

d. Beban Gempa

Beban gempa merupakan semua beban gempa statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh gerakan tanah akibat beban gempa tersebut. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya yang terjadi di dalam struktur tersebut terjadi akibat gerakan tanah akibat gempa tersebut. Gempa rencana ditetapkan berdasarkan respon spectrum desain SNI 1726-2012 dimana langkah langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Menentukan kategori resiko bangunan gedung I-IV (SNI-1726-2012 Pasal 4.1.2)

Tabel 3. 1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis Pemakaian	Kategori Resiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ Rumah susun - Pusat perbelanjaan/ Mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop 	III

<ul style="list-style-type: none"> - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan struktur lainnya, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental 	IV

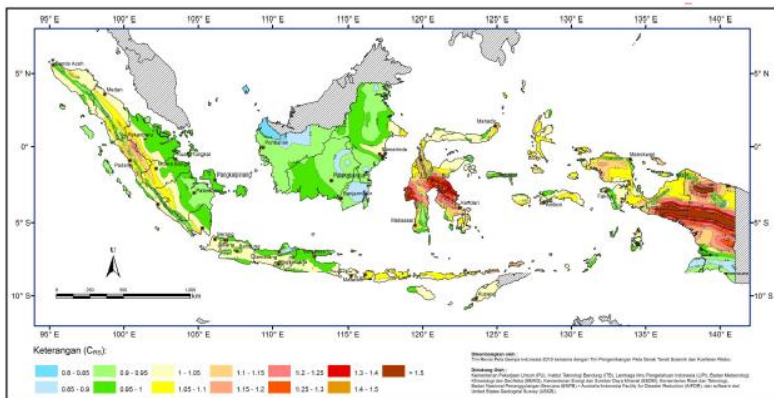
<ul style="list-style-type: none"> - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas public lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	
---	--

2. Menentukan faktor keutamaan gempa (SNI-1726-2012 Pasal 4.1.2).

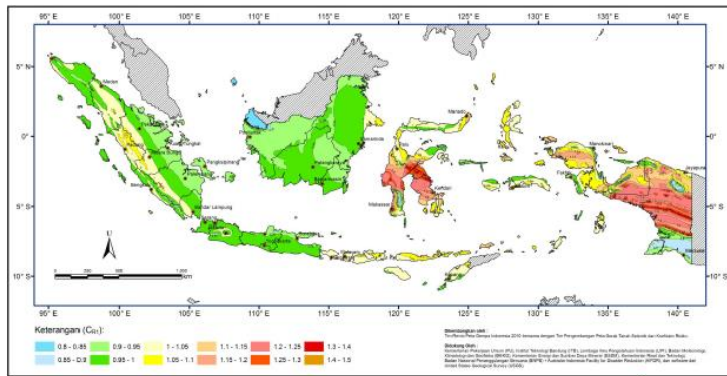
Tabel 3. 2 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1.0
III	1.25
IV	1.50

**3. Menentukan parameter percepatan tanah (S_s, S_1)
(SNI-1726-2012 Pasal 4.1.2)**



Gambar 3. 2 Koefisien risiko terpetakan, periode respon spektral 0.2 detik



Gambar 3. 3 Koefisien risiko terpetakan, perioda respon spektral 1 detik

4. Menentukan klasifikasi situs (SA-SF) (SNI-1726-2012 Pasal 5.3)

Tabel 3. 3 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	V_s (m/detik)	N atau N_{ch}	S_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500 m/s	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500 m/s	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750 m/s	>50	≥ 100 kN/m ²
SD (tanah sedang)	175 sampai 350 m/s	15-50	50 sampai 100 kN/m ²

SE (tanah lunak)	$< 175 \text{ m/s}$	< 15	$< 50 \text{ kN/m}^2$
	Atau setiap profil tanah yang mengandung 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : Indeks plastisitas, $PI > 20$ Kadar air, $w \geq 40\%$ Kuat geser niralir $S_u < 25 \text{ kPa}$		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat senditif, tanah tersementasi lemah Lempung sangat organik dan/ atau gambut (ketebalan $H > 3 \text{ m}$)		
	- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5 \text{ m}$ dengan $PI > 75$ Lapisan lempung lunak/ setengah teguh dengan ketebalan $H > 35 \text{ m}$ dengan $S_u < 50 \text{ kPa}$		

5. Menentukan faktor koefisien situs (F_a , F_v) (SNI-1726-2012 Pasal 6.2)

Untuk penentuan respon spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismic pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait (f_v). Parameter spectrum respons percepatan pada periode pendek (SMS) dan periode 1 detik (SM1) ditentukan dengan perumusan berikut :

$$SMS = Fa Ss \quad (3.2)$$

$$SM1 = Fv S1 \quad (3.3)$$

Keterangan :

Ss adalah parameter respons spectral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek

$S1$ adalah parameter respons spectral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1,0 detik

Tabel 3. 4 Koefisien Situs Fa

Klasifikasi Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa MCE _R pada periode pendek				
	<i>Ss</i> ≤ 0,25	<i>Ss</i> = 0,5	<i>Ss</i> = 0,75	<i>Ss</i> = 1,0	<i>Ss</i> ≥ 1,25
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
D	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
E	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
F	Lihat ketentuan pasal 6.10.1				
Catatan : Gunakan interpolasi linier untuk nilai-nilai antara <i>Ss</i>					

Tabel 3. 5 Koefisien Situs Fv

Klasifikasi Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa MCE_R pada periode 1 s				
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
D	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
E	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
F	Lihat ketentuan pasal 6.10.1				
Catatan : Gunakan interpolasi linier untuk nilai-nilai antara S_I					

6. Menghitung parameter percepatan desain (S_{DS}, S_{D1}) (SNI-1726-2012 Pasal 6.3)

Parameter percepatan spectral desain untuk periode pendek (S_{DS}), dan pada periode 1 detik (S_{D1}) harus ditetapkan sebagai berikut :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.4)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.5)$$

7. Menentukan kategori desain seismik (SNI-1726-2012 Pasal 6.5)

Tabel 3. 6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 3. 7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik

Nilai S_{D1}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

8. Memilih faktor Koefisien modifikasi respons (R), Faktor pembesaran defleksi (C_d) dan Faktor kuat lebih sistem (Ω_0) untuk sistem penahan gaya gempa (SNI-1726-2012 Pasal 7.2.2).

Tabel 3. 8 Faktor R, Cd dan Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem Penahan Gaya Gempa	Koefisien Respon s Modifikasi, R	Faktor Kuat Lebih, Ω_0	Faktor Pembesaran Defleksi, C_d	Batasan Sistem Struktur Termasuk Batasan Tinggi Struktur				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
Sistem Ganda Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Yang Mampu Menahan Paling Sedikit 25% Gaya Gempa Yang Ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2 ^{1/2}	5 ^{1/2}	NL	N L	N L	N L	N L
Catatan : NL = tidak dibatasi; NP = tidak diizinkan								

9. Melakukan analisis statik ekuivalen

- Menentukan periode fundamental perkiraan, T_a , (SNI-1726-2012 pasal 7.8.2.1).

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (3.6)$$

Keterangan :

C_t , dan x = koefisien parameter waktu getar perkiraan (Tabel 3.9)

h_n = tinggi struktur

Dalam tugas akhir menggunakan yaitu analisis statik ekuivalen dan analisis modal respon spektrum.

Tabel 3. 9 Nilai Koefisien Waktu Getar Perkiraan C_t Dan x (SNI-1726-2012 Tabel 15)

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dengan rangka menahan 100% gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa :		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangak baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

- Menentukan batas periode struktur

$$T \leq C_u \times T_a \quad (3.7)$$

Keterangan :

T_a = periode fundamental perkiraan

C_u = koefisien untuk batas atas periode hasil
perhitungan (Tabel 3.10)

Tabel 3. 10 Koefisien Untuk Batas Atas Periode Hasil
Perhitungan
(SNI-1726-2012 Tabel 14)

Parameter Percepatan Respon Spektral Desain Pada 1 s, S_{DI}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

- Menghitung gaya dasar seismik

$$V = C_s W \quad (3.8)$$

Keterangan:

C_s adalah koefisien respons seismik

W adalah berat seismik menurut pasal 7.7.2
(SNI-1726-2012)

- Menghitung koefisien respon seismik

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (3.9)$$

Keterangan :

- S_{DS} adalah percepatan spektrum respon desain dalam periode pendek
 R adalah faktor modifikasi respon dalam tabel 3.8
 I_e adalah faktor keutamaan hunian sesuai tabel 3.2

Nilai C_s diatas tidak perlu melebihi :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (3.10)$$

Dan nilai C_s tidak kurang dari :

$$C_s = 0.44 S_{DS} I_e \geq 0.01 \quad (3.11)$$

Untuk struktur berlokasi dimana $S_1 \geq 0,6$ g, maka C_s harus tidak kurang dari :

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (3.12)$$

Keterangan :

- S_{D1} adalah Percepatan spektrum respon desain dalam periode 1,0 detik
 T adalah Periode struktur dasar (detik)
 S_1 adalah Percepatan spektrum respon maksimum

- Menghitung distribusi vertikal gaya gempa
 $F_x = C_{vx} \cdot V$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.13)$$

Keterangan :

C_{vx} adalah faktor distribusi vertikal
 V adalah gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)
 w_i dan w_x adalah bagian berat seismic efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x
 h_i dan h_x adalah tinggi (m) dari dasar sampai tingkat i atau x
 k adalah eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :

- untuk struktur dengan periode $\leq 0,5$ s, $k=1$
- untuk struktur dengan periode $\geq 2,5$ s, $k=2$
- untuk struktur dengan periode antara 0,5 s sampai 2,5 s, $k=2$ atau ditetapkan dengan interpolasi antara 1 dan 2

- Menghitung distribusi horizontal gaya di tiap lantai (SNI 1726-2012 pasal 7.8.4)(kN) harus ditentukan dari persamaan berikut :

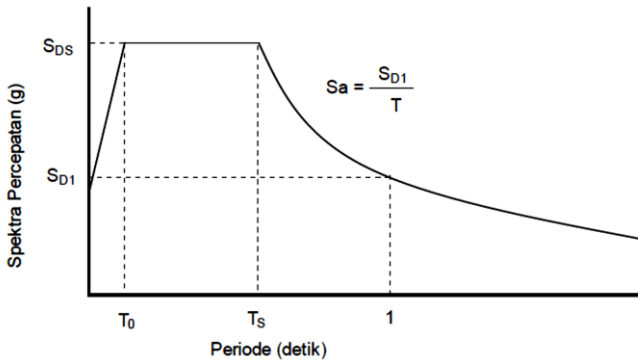
$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (3.14)$$

Keterangan :

F_i = bagian dari gaya geser dasar seismik yang terjadi pada tingkat i

10. Melakukan analisis modal respon spectrum

Analisis modal respon spektrum dilakukan menggambar grafik respon spektrum rencana ke dalam program analisis struktur. Ketentuan mengenai penggambaran grafik respon spektrum dijelaskan pada Gambar 3. 4



Gambar 3. 4 Ketentuan Penggambaran Grafik Respon Spektrum

Pada periode $T < T_0$, respon spektra percepatan :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.15)$$

Pada periode $T_0 \leq T \leq T_s$, respon spektra percepatan :

$$S_a = S_{DS} \quad (3.16)$$

Pada $T > T_s$, respon spektra percepatan :

$$S_a = \frac{S_{DI}}{T} \quad (3.17)$$

Dengan :

$$T_0 = \frac{0,2S_{DI}}{S_{DS}} \quad (3.18)$$

$$T_s = \frac{S_{DI}}{S_{DS}} \quad (3.19)$$

e. **Kombinasi Pembebanan**

Pembebanan sesuai dengan SNI 03-1729-2002, dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut:

- (1) 1,4D
- (2) 1,2D + 1,6L + 0,5 (La atau H)
- (3) 1,2D + 1,6 (La atau H) + (γ_L L atau 0,8 W)
- (4) 1,2D + 1,3W + γ_L L + 0,5 (La atau H)
- (5) 1,2D + 1,0E + γ_L L
- (6) 0,9D - 1,0W + γ_L L

3.3.5. Perencanaan Struktur Sekunder

a. **Perencanaan Balok Tangga**

b. **Perencanaan Pelat Lantai**

Direncanakan dan dikontrol sesuai SNI 2847-2013

$$\bullet \quad \beta = \frac{L_y}{L_x} > 2 \rightarrow \text{One way Slab} \quad (3.20)$$

$$\bullet \quad \beta = \frac{L_y}{L_x} < 2 \rightarrow \text{Two way Slab} \quad (3.21)$$

$$H_{\min} = \frac{Ly(0,8 + \frac{fy}{1500})}{36 + 9\beta} \quad (3.22)$$

Dalam Perencanaan ini, direncanakan menggunakan pelat bondek sehingga pelat lantai didesain menjadi pelat satu arah.

c. Perencanaan Balok Penumpu dan Penggantung Lift

Direncanakan dan dikontrol sesuai SNI 1729-2015 sesuai dengan pasal F-1

$$\phi M_n > M_u \quad (3.23)$$

Dimana :

M_n = Momen nominal balok

M_u = Momen ultimate yang terjadi

Agar dapat menahan lift yang direncanakan menggunakan lift dengan spesifikasi berikut:

- Lift Penumpang
 - Tipe lift : Passenger Elevators
 - Merk : HYUNDAI
 - Kapasitas : 13 Orang /900 kg
 - Lebar pintu (opening width) : 900 mm
 - Dimensi ruang luncur (hoistway inside) 2 Car : 4200x1950 mm²
 - Dimensi sangkar (Car size)
 - Internal : 1600x1350 mm²
 - Eksternal : 1660x1505 mm²
 - Dimensi ruang mesin (2 Car) : 5250 x 3800 mm²

- Lift Barang
 - Tipe lift : Passenger Elevators
 - Merk : HYUNDAI
 - Kapasitas : 6 Orang / 450 kg
 - Lebar pintu (opening width) : 700 mm
 - Dimensi ruang luncur (hoistway inside) 1 Car : 1550x17000 mm²
 - Dimensi sangkar (Car size)
 - Internal : 1100x1100 mm²
 - Eksternal : 1160x1250 mm²
 - Dimensi ruang mesin (1 Car) : 1800 x 3450 mm²

d. Perencanaan Balok Anak

Balok anak dikontrol terhadap lendutan jangka panjang dalam kondisi setelah komposit sesuai SNI 2847-2013 pasal 14-8-4

$$\bullet \quad \Delta n = \frac{5}{384} \times \frac{(q_d + q_l)L^4}{E \times I} \quad (3.24)$$

Dimana :

- q_d = Dead Load Merata
- q_l = Live Load Merata
- E = Modulus Elastisitas
- I = Momen Inersia

3.3.6. Analisa dan Permodelan Struktur Utama

Melakukan pemodelan struktur menggunakan program ETABS yang direncanakan sebagai struktur ruang 3 dimensi untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang terdapat pada struktur rangka utama.

3.3.7. Kontrol Struktur

1. Kontrol Partisipasi Massa

Analisis harus dilakukan untuk menentukan modes alami dari getaran untuk struktur yang dianalisis. Analisis harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respons total harus sekurang-kurangnya 90% (SNI1726-2012 pasal 7.9.1).

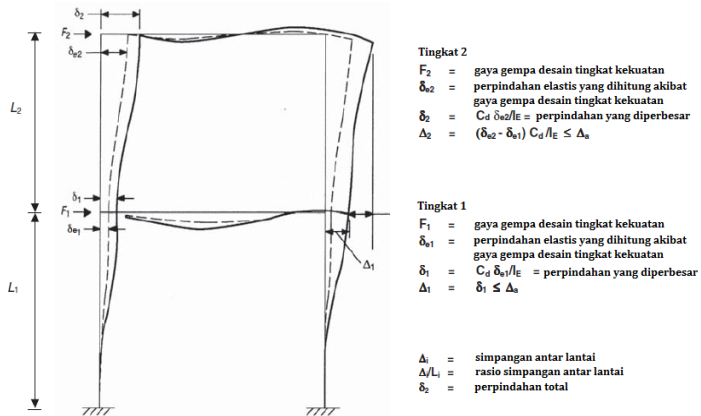
2. Kontrol Nilai Akhir Respons Spektrum

Nilai gaya geser dasar hasil analisis respons spektrum, V_t , sebaiknya tidak kurang dari 85% (fixed base) dan 80% (base isolation) nilai gaya geser dasar hasil analisis statik ekuivalen, V . Bila nilai $V_t < V$, nilai V_t harus dikalikan dengan $0,85 V/V_t$ (SNI-1726-2012 pasal 7.9.4.1) dan $0,85 V/V_t$ (SNI-1726-2012 pasal 12.6.2.2)

3. Kontrol Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat rencana harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau. Besarnya defleksi pada tingkat x , δ_x , dapat dihitung dengan Persamaan (3-23) (SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.6). Sementara untuk perhitungan simpangan antar lantai ditunjukkan pada Gambar 3.5. Nilai simpangan antar lantai ini tidak boleh melebihi simpangan antar lantai izin, h_{sx} , pada Tabel 3.11.

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} \quad (3.25)$$



Gambar 3. 5 Penentuan Simpangan Antar Tingkat

Tabel 3. 11 Simpangan Antar Tingkat Izin (SNI 1726-2012 Tabel 16)

Struktur	Kategori Resiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dari dasar, dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai	$0,025h_{sx}$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

3.3.8. Kontrol Perencanaan Struktur Utama

Melakukan kontrol kemampuan struktur utama dari perencanaan yang sudah dilakukan. Desain elemen struktur primer dikontrol berdasarkan SNI 1729-2015 agar mampu memikul gaya-gaya yang terjadi. Perencanaan elemen struktur primer meliputi:

b. Balok

Balok yang menerima beban lentur M_u harus dikontrol agar tidak melebihi dari kekuatan nominal yang dimiliki balok itu sendiri.

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.26)$$

Dimana :

M_n = Momen nominal balok

M_u = Momen ultimate yang terjadi

ϕ = faktor reduksi = 0,9 (DFBK)

1. Kontrol Penampang

Untuk Sayap (flange) :

- Penampang kompak ($\lambda \leq \lambda_p$) :

$$\lambda = \frac{b}{2tf} \leq \lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.27)$$

- Penampang non kompak ($\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$) :

$$\lambda_r = 1.0 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.28)$$

Untuk badan (web) :

- Penampang kompak ($\lambda \leq \lambda_p$) :

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} \leq \lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.29)$$

- Penampang non kompak ($\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$) :

$$\lambda_r = 5.70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.30)$$

Dimana :

bf = lebar sayap

tf = tebal sayap

h = tinggi profil

tw = tebal pelat badan

fy = kuat leleh profil baja

fr = tegangan tekan residual pada plat sayap

2. Kuat Nominal Lentur Penampang Dengan Pengaruh Tekuk Lokal

Kelangsingan penampang kompak, tak kompak, dan langsing suatu komponen struktur yang memikul lentur, ditentukan oleh kelangsingan elemen-elemen tekannya. Untuk penampang yang digunakan dalam perencanaan balok pada struktur baja tahan gempa, kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh

tekuk lokal ditentukan berdasarkan Bab Pasal F (F2-F6) SNI 1729:2015.

a) Penampang kompak :

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x \quad (3.31)$$

b) Penampang non kompak:

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7F_y \cdot S_x) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \quad (3.32)$$

c) Penampang langsing:

$$M_n = \frac{0,9Ek_c - S_x}{\lambda^2} \quad (3.33)$$

3. Kuat Nominal Lentur Penampang Dengan Pengaruh Tekuk Lateral

Tahanan komponen struktur dalam memikul momen lentur tergantung dari panjang bentang antara dua pengekang yang berdekatan, L . Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lateral ditentukan berdasarkan Bab Pasal F (F2-F6) SNI 1729:2015

a) Bentang pendek: $L_b \leq L_p$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.34)$$

b) Bentang menengah: $L_p < L_b < L_r$

$$M_n = C_b \cdot \left[M_p - 0,7F_y \cdot S_x \cdot \left(\frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.35)$$

c) Bentang panjang : $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (3.36)$$

4. Kekuatan Lentur Balok Komposit Dengan Penghubung Geser

Kekuatan lentur balok komposit dengan penghubung geser (shear connector) dibagi menjadi 2, yaitu :

- Kuat Lentur Positif

Sesuai SNI 1729-2015 pasal I2-a , kekuatan lentur positif desain, ϕM_n dan kekuatan lentur positif diizinkan M_n / Ω , harus ditentukan untuk keadaan batas leleh sebagai berikut :

$$\phi_b = 0,9 \quad \Omega_b = 1,67$$

$$\text{Untuk } \frac{h}{t_w} \leq 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

M_n harus ditentukan dari distribusi tegangan plastis pada penampang komposit untuk keadaan batas leleh (Momen Plastis).

$$\text{Untuk } \frac{h}{t_w} \geq 3,76 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

M_n harus ditentukan dari superposisi tegangan elastis dengan memperhitungkan efek penopangan untuk keadaan batas leleh (momen leleh).

- Kuat Lentur Negatif

Sesuai dengan SNI 1729-2015 pasal I2-b, Kekuatan lentur negative harus ditentukan untuk penampang baja sendiri menurut persyaratan Bab F, atau ditentukan dari distribusi tegangan plastis

pada penampang komposit untuk keadaan batas leleh (momen plastis) dimana

$$\phi_b = 0,9 \quad \Omega_b = 1,67$$

5. Kekuatan Struktur Selama Pelaksanaan

Bila penopang sementara tidak dipergunakan selama pelaksanaan, penampang baja harus memiliki kekuatan yang cukup untuk mendukung semua beban yang digunakan sebelum beton mencapai 75% dari kekuatan yang disyaratkan $f'c$.

6. Kuat Geser Rencana

Plat badan tak diperkaku yang memikul gaya geser terfaktor perlu (V_n) harus memenuhi:

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.37)$$

Ketrangan :

ϕ = faktor tahanan = 0,90

V_n = tahanan geser nominal plat badan

Kekuatan geser nominal dari plat badan yang tak diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser adalah :

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v \quad (3.38)$$

Dengan ketentuan nilai C_v diambil sebagai berikut :

a. Bila $\frac{h}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

Maka,

$$C_v = 1.0 \quad (3.39)$$

b. Bila $1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 1.37 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}}$

Maka,

$$C_v = \frac{1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}}}{\frac{h}{t_w}} \quad (3.40)$$

c. Bila $\frac{h}{t_w} > 1.37 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}}$

Maka,

$$C_v = \frac{1.51 k_v E}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2 f_y} \quad (3.41)$$

Koefisien tekuk geser plat badan, k_v untuk badan tanpa pengaku transversal ditentukan sebagai berikut :

$$\frac{h}{t_w} < 260 \quad (3.42)$$

Maka nilai $k_v = 5.0$

Keterangan :

A_w = Luas dari badan, tinggi keseluruhan dikalikan ketebalan badan

h = Jarak bersih antara sayap dikurangi jari-jari sudut

t_w = Ketebalan badan

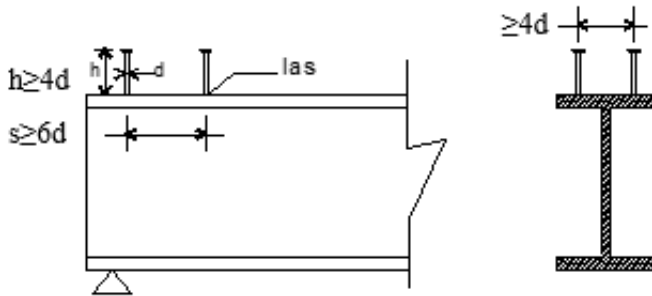
Sedangkan untuk balok komposit, yaitu balok yang terdiri dari profil baja dan beton digabung bersama untuk memikul beban lentur, memiliki prinsip dasar perhitungan antara lain :

- Distribusi tegangan plastis pada daerah momen positif balok
 - Tegangan tekan pada beton = $0,85 f_c'$ → merata
 - Tegangan pada baja = f_y → tarik atau tekan : merata
- Distribusi tegangan plastis pada daerah momen negatif balok
 - Tegangan tarik pada beton = 0
 - Tegangan tarik pada tulangan = f_{yr}
 - Tegangan pada baja = f_y → tekan atau tarik: merata.
- Distribusi tegangan elastis → distribusi linear
 - Tegangan maximum tekan pada beton = $0,85 f_c'$
 - Tegangan maximum pada baja = f_y → tekan atau Tarik

7. Shear Connector

a. Kekuatan *Shear-Connector* stud (paku)

$$Q_n = 0,5 A_{sc} \left(\sqrt{f_c'} E_c \right) r_s \leq A_{sc} \cdot f_u \quad (3.43)$$



Gambar 3. 6 Potongan Balok Dengan Penghung Geser Stud

$r_s = 1,00$ untuk pelat beton biasa

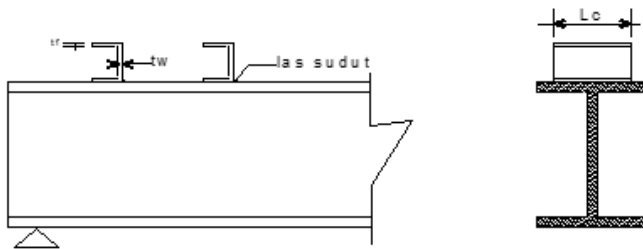
$r_s \leq 1,00$ untuk dek baja gelombang

A_{sc} = luas penampang *Shear-Connector* $\left(\frac{\pi}{4} \cdot d^2 \right)$

E_c = Modulus elastisitas beton

b. Kekuatan *Shear-Connector* baja kanal \square

$$Q_n = 0,3 (t_f + 0,5 t_w) L_c \sqrt{f_c' E_c} \quad (3.44)$$



Gambar 3. 7 Potongan Balok Dengan Penghubung Geser Baja Kanal

- c. Jumlah *Shear-Connector* yang dibutuhkan di sepanjang daerah tertentu

$$n = \frac{V_h}{Q_n}$$

dimana:

V_h = Gaya geser horizontal total pada bidang kontak antara balok baja dan pelat beton yang harus ditransfer *Shear-Connector*.

- Gaya Geser Horizontal Total ($=V_h$) → Pada Bidang Kontak Baja dengan Beton

- a). Pada daerah momen positif:

Gaya geser horizontal total pada daerah $M = 0$ dan $M(+)$ maximum adalah nilai terkecil dari:

- 1) $0,85 f_c' . A_c$ → beton
- 2) $A_s . f_y$ → profil baja
- 3) ΣQ_n → *shear connector*

b). Pada daerah momen negatif

Gaya geser horizontal total pada daerah $M = 0$ dan $M(-)$ maximum adalah nilai terkecil dari :

1) $A_r \cdot f_{yr}$

2) ΣQ_n

Dimana:

A_r = tulangan tarik pada pelat beton

f_{yr} = tegangan leleh tulangan.

- Pada balok komposit penuh, gaya geser horizontal total V_h ditentukan oleh kapasitas tekan beton atau kapasitas tarik profil baja/tulangan baja.
- Pada balok komposit parsial, gaya geser horizontal V_h ditentukan oleh kapasitas penghubung geser (nilai ΣQ_n).

c. Kolom

Dalam perencanaan kolom, digunakan kolom komposit jenis *Concrete Filled Steel Tube* (CFT) yang menerima gaya kombinasi normal dan lentur.

- Kriteria Untuk Kolom Komposit Bagi Struktur Tekan
 - Kontrol luas penampang minimum profil baja,

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% \geq 4\% \quad (3.46)$$

- Kontrol tebal minimum penampang baja berongga yang diisi beton,

$$t \geq b \times \sqrt{\frac{f_y}{3e}} \quad (3.47)$$

- Kuat Nominal Tekan Kolom Komposit CFT
Batasan rasio lebar terhadap ketebalan untuk elemen baja tekan harus ditentukan sesuai dengan jenis profil nya yaitu:

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} \quad (3.48)$$

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.49)$$

$$\lambda_r = 3 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (tak kompak)} \quad (3.50)$$

$$\lambda_r = 5 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (maksimum yang diijinkan)} \quad (3.51)$$

Untuk komponen struktur komposit yang terisi beton

- Untuk Penampang Kompak

$$P_{no} = Pp \quad (3.52)$$

Dengan

$$Pp = f_y A_s + C_2 f'_c (A_c + A_s r \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.53)$$

- Untuk Penampang Non Kompak

$$P_{no} = Pp - \frac{Pp - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2 \quad (3.54)$$

Dengan,

$$P_y = f_y A_s + 0,7 f'_c (A_c + A_s r \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.55)$$

- Untuk Penampang Langsing

$$P_{no} = f_{cr} A_s + 0,7 f'_c (A_c + A_s r \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.56)$$

Penampang Terisi Beton

$$fcr = \frac{9Es}{\left(\frac{b}{t}\right)^2} \quad (3.57)$$

- Amplifikasi Momen

Kekuatan lentur orde pertama yang diperlukan, M_r , dan ketentuan aksial P_r , dari semua komponen struktur harus ditentukan sebagai berikut:

$$M_r = B_1 M_{ni} + B_2 M_i \quad (3.58)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t \quad (3.59)$$

Keterangan :

B_1 = Pengali untuk menghilangkan efek $P-\delta$, ditentukan untuk setiap komponen struktur yang menahan tekan dan lentur.

B_2 = Pengali untuk menghilangkan efek $P-\delta$, ditentukan untuk setiap tingkat dari struktur

M_{it} = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK

M_{nt} = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK

M_r = Momen lentur orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK

P_{it} = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK

P_{nt} = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK

P_r = Kekuatan aksial orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK

- Pengali B1 untuk efek P- δ

$$B1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1 \quad (3.60)$$

Dengan,

$$\alpha = 1 \text{ (DFBK)}$$

C_m = Koefisien dengan asumsi tanpa translasi lateral dari portal yang ditentukan dengan formula:

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \quad (3.61)$$

Dengan M_1 dan M_2 dihitung dari analisis orde pertama, adalah momen terkecil dan terbesar pada ujung-ujung bagian komponen.

P_{e1} = Kekuatan tekuk kritis elastis komponen struktur dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi tanpa translasi pada ujung-ujung komponen struktur.

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(K_1 L)^2} \quad (3.62)$$

Keterangan :

EI = kekakuan lentur yang diperlukan yang harus digunakan dalam analisis ($0,8\tau cEI$) bila digunakan dalam metode analisis langsung dengan τc adalah seperti ditetapkan pada bab C SNI 03-1729-2015 untuk panjang efektif dan metode analisis orde pertama.

E = Modulus elastisitas baja = 200000 Mpa

I = Momen inersia bidang lentur, mm^4

L = Panjang komponen struktur, mm

K1 = Faktor panjang efektif dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi translasi lateral pada ujung- ujung komponen struktur.

- Pengali B2 untuk efek P- δ

$$B2 = \frac{1}{(1 - \frac{\alpha P_{Story}}{P_{e Story}})} \quad (3.63)$$

Dengan,

$$\alpha = 1 \text{ (DFBK)}$$

P_{story} = beban vertikal total didukung oleh tingkat menggunakan kombinasi beban DFBK yang sesuai, termasuk beban-beban dalam kolom-kolom yang bukan merupakan bagian dari sistem penahan gaya lateral.

$P_{e story}$ = Kekuatan tekuk kritis elastis untuk tingkat pada arah translasi yang diperhitungkan, ditentukan dengan analisis tekuk sidesway, atau dengan rumusan:

$$P_{e story} = RM \frac{HL}{\Delta H} \quad (3.64)$$

Dengan,

$$Rm = 1 - 0,15 \left(\frac{P_{mf}}{P_{story}} \right) \quad (3.65)$$

L = Tinggi tingkat, mm

P_{mf} = Beban vertikal total pada kolom dalam tingkat yang merupakan bagian dari portal momen

ΔH = Simpangan tingkat dalam orde pertama

H = Geser tingkat, dalam arah translasi harus diperhitungkan, dihasilkan oleh gaya-gaya lateral yang digunakan untuk menghitung ΔH , N

- Momen Nominal

Balok yang menerima beban lentur M_u harus dikontrol agar tidak melebihi dari kekuatan nominal yang dimiliki balok itu sendiri.

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.66)$$

Dimana :

M_n = Momen nominal balok

M_u = Momen ultimate yang terjadi

ϕ = faktor tahanan = 0,9

Untuk profil HSS yang diisi dengan beton dengan ketebalan profil baja di semua sisi :

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} \quad (3.67)$$

$$\lambda_p = 1,12 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.68)$$

$$\lambda_r = 1,40 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.69)$$

Untuk Komponen Struktur Berpenampang kotak/persegi

- Untuk Penampang Kompak

$$M_n = M_p = f_y Z \quad (3.70)$$

- Untuk Penampang nonkompak

$$M_n = M_p - (M_p - f_y S) \left[3,57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{f_y}{E}} - 4 \right] \leq M_u \quad (3.71)$$

- Untuk Penampang Langsing

$$M_n = f_y S_e \quad (3.72)$$

Dimana,

S_e = Modulus penampang efektif yang ditentukan dengan lebar efektif b_e , dari sayap yang diambil sebesar:

$$b_e = 1.92 \cdot t_f \sqrt{\frac{E}{f_y}} \left(1 - \frac{0,38}{\frac{b}{t_f}} \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right) \leq b \quad (3.73)$$

- Kontrol Kombinasi Aksial dan Lentur

Perhitungan interaksi kekuatan aksial dan lentur diperhitungkan berdasarkan SNI 1729-2015 pasal I2 atau pasal H1.1

- Bila $\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2$, maka

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (3.74)$$

- Bila $\frac{P_r}{P_c} < 0,2$, maka

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (3.75)$$

Keterangan :

P_r = Kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, N

M_r = Kekuatan momen perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, Nmm

ϕ_c = faktor ketahanan untuk tekan = 0.90

ϕ_b = faktor ketahanan untuk lentur = 0.90

$P_c = \phi_c P_n$ = Kekuatan aksial desain, N

$M_c = \phi_b M_n$ = Kekuatan lentur desain, Nmm

3.3.9. Perencanaan Sambungan

Melakukan perencanaan terhadap sambungan. Dalam perencanaan sambungan harus disesuaikan dengan bentuk struktur agar perilaku yang timbul tidak menimbulkan pengaruh buruk terhadap struktur lain. Perencanaan sambungan harus memenuhi persyaratan berikut:

- Gaya-dalam yang disalurkan berada dalam keseimbangan dengan gaya-gaya yang bekerja pada sambungan;
- Deformasi pada sambungan masih berada dalam batas kemampuan deformasi sambungan;
- Sambungan dan komponen yang berdekatan harus mampu memikul gaya-gaya yang bekerja padanya.

a. Kuat Rencana Sambungan Baut

- Kontrol jarak baut : (SNI 03-1729-2002 Ps. 13.4)
 - Jarak tepi minimum = 1,5db
 - Jarak tepi maksimum = (4tp + 100 mm) atau 200 mm
 - Jarak minimum antar baut = 3db
 - Jarak maksimum antar baut = 15tp atau 200 mm
- Kekuatan rencana baut

- a. Kekuatan rencana geser baut

$$\phi V_n = \phi \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot m \quad (3.76)$$

Dimana :

m = jumlah bidang geser

r_1 = 0,50 (tanpa ulir pada bidang geser baut)
0,40 (ada ulir pada bidang geser baut)

f_u^b = tegangan tarik putus baut

A_b = luas bruto penampang baut

- b. Kekuatan rencana tumpu baut dengan plat

$$\phi_f R_n = \phi_f \cdot 2 \cdot 4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \quad (3.77)$$

Dimana :

d_b = diameter nominal baut

t_p = tebal plat

f_u = tegangan tarik putus terkecil antara baut dan plat

ϕ_f = faktor reduksi (0,75)

- Kekuatan baut memikul beban tarik
Kekuatan rencana tarik dari baut :

$$\phi_f T_n = \phi_f \cdot 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (3.78)$$

Dimana :

f_u^b = tegangan tarik putus baut

A_b = luas bruto penampang baut

ϕ_f = faktor reduksi (0,75)

- Baut mutu tinggi tipe gesek

- a. Baut hanya menerima beban geser (V_u)

Kuat geser nominal :

$$\phi V_n = \phi . 1,13 . \mu . T_b . m \quad (3.79)$$

Dimana :

μ = koefisien geser

m = jumlah bidang geser

T_b = gaya tarik minimum

ϕ = 1 (untuk lubang standar)

0,85 (untuk lubang selot pendek dan lubang besar)

0,70 (untuk lubang selot panjang \pm arah kerja beban)

0,60 (untuk lubang selot panjang // arah kerja beban)

- b. Baut menerima beban kombinasi geser (V_u) dan tarik (T_u)

Disamping beban geser (V_u), baut juga menerima beban tarik (T_u), maka kuat geser nominal direduksi sebagai berikut :

$$V_d = \phi V_n \left[1 - \frac{T_u}{1,13 T_b} \right] \quad (3.80)$$

- Sambungan Sendi (Simple Connection)

Sambungan simple connection ini direncanakan pada hubungan balok induk dengan balok anak.

- a. Baut A

Baut tipe tumpu

Kuat geser :

$$\phi R_n = 0,8 . r_1 . f_u^b . A_b . m \quad (3.81)$$

Dimana :

m = jumlah bidang geser

r_1 = 0,50 (tanpa ulir pada bidang geser baut)

0,40 (ada ulir pada bidang geser baut)

f_u^b = tegangan tarik putus baut

A_b = luas bruto penampang baut

Kuat tumpu :

$$\phi R_n = 0,8.2,4.F_u.d_b.t_p \quad (3.82)$$

Dimana :

d_b = diameter nominal baut

t_p = tebal plat (diambil yang terkecil dari tebal profil siku (t) dengan tebal web profil WF (tw))

f_u = tegangan tarik putus terkecil antara baut dan plat

ϕR_n = diambil harga terkecil dari kuat geser dan kuat tumpu.

Baut tipe gesek

$$\phi V_n = \phi.1,13.\mu.T_b.m \quad (3.83)$$

Dimana :

μ = koefisien geser (0,35)

m = jumlah bidang geser

T_b = gaya tarik minimum

ϕ = 1 (untuk lubang standar)

b. Baut B

ϕR_n = diambil harga terkecil dari:

$$\text{Geser} : \phi R_n = 0,8.r_1.f_u^b.A_b.m \quad (3.84)$$

$$\text{Tumpu} : \phi R_n = 0,8.2,4.F_u.d_b.t_p \quad (3.85)$$

- Sambungan kaku (Rigid Connection)
Sambungan rigid connection ini direncanakan pada hubungan balok induk dengan kolom.
Penerimaan beban dianggap sebagai berikut :
 - Beban geser (Pu) diterima sambungan pada badab (profil dobel siku)
 - Beban momen (Mu) diterima oleh sayap balok yang kemudian diteruskan ke baja, lalu ke kolom (profil T)

$$2T = \frac{M_u}{d_b} \quad (3.86)$$

Dimana :

db adalah jarak antara 2T atas dengan 2T bawah

Mu adalah momen yang bekerja pada sambungan

Akibat gaya tarik 2T pada badan atau T pada satu flens, ujung flens menumpu pada kolom mengakibatkan flens kolom menjungkit. Maka timbul gaya Q (Prying Force). Gaya pada baut bertambah Q menjadi :

$$B = T + Q \quad (3.87)$$

b. Sambungan Las

1. Tebal Rencana Las

Tebal rencana las tumpul dibagi menjadi 2 jenis, yaitu las tumpul penetrasi penuh dan las tumpul penetrasi sebagian sebagaimana diatur dalam SNI 1729-2015 bab J mengenai desain sambungan las.

2. Las Sudut

Ukuran minimum las sudut, selain dari las sudut yang digunakan untuk memperkuat las tumpul, ditetapkan sesuai tabel berikut :

Tabel 3. 12 Tabel Penentuan Tebal Minimum Las Sudut

Tebal bagian paling tebal , t (mm)	Tebal minimum las sudut, tw (mm)
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
15 T	6

3. Kekuatan Las Sudut

Kekuatan las sudut harus mampu memikul gaya terfaktor per satuan panjang las (R_u). Kekuatan las sudut harus mampu menahan R_u dengan batasan:

$$R_u \leq \phi R_{nw}$$

Dimana :

$$\phi_f R_{nw} = 0,75 \cdot t_e \cdot (0,6 \cdot f_{uw}) \text{ (las)} \quad (3.88)$$

$$\phi_f R_{nw} = 0,75 \cdot t_e \cdot (0,6 \cdot f_u) \text{ (bahan dasar)} \quad (3.89)$$

Keterangan :

f_{uw} = tegangan tarik putus logam las

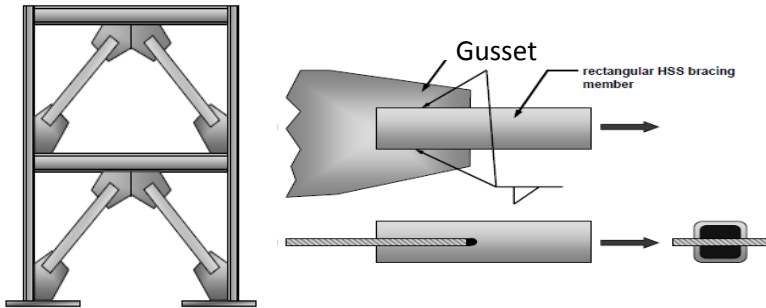
f_u = tegangan tarik putus bahan dasar

t_e = tebal efektif las (mm)

3.3.10. Perencanaan Bresing Konsentris

Melakukan perencanaan terhadap bresing sendiri . Bresing harus direncanakan sebagai sekering(fuse) dari struktur, sehingga bresing direncanakan leleh terlebih dahulu. Kolom dan balok tidak diperbolehkan leleh sedikitpun . Pada

perencanaan ini direncanakan menggunakan bresing konsentris khusus *inverted-v* dengan profil *Rectangular HSS*.



Gambar 3. 8 Rencana Bresing

Bresing yang dipergunakan sebagai komponen penahan lateral harus memenuhi parameter berikut:

a. Parameter Kelangsingan

Batang bresing harus memenuhi syarat kelangsingan yaitu :

$$\frac{Kc \times L}{r} \leq \frac{1900}{\sqrt{fy}} \quad (3.90)$$

Dimana :

Kc = faktor panjang efektif kolom

L = pengaruh beban hidup akibat pengguna gedung

r = jari jari girasi

fy = Tegangan leleh

b. Kuat perlu

Batang bresing harus direncanakan sebagai nilai terkecil/minimum dari parameter berikut :

1. Kuat Tarik

Kuat nominal aksial Tarik batang bresing yang ditetapkan adalah sebesar :

$$P_u = R_y \times f_y \times A_g \quad (3.91)$$

Dimana :

R_y = faktor modifikasi tegangan leleh

F_y = tegangan leleh bahan baja

A_g = Luas penampang bruto

2. Kuat Tekan

Kuat nominal aksial Tekan batang bresing yang ditetapkan adalah sebesar:

$$P_u = 1,1 \times R_y \times A_g \times F_{cr} \quad (3.92)$$

Dimana :

R_y = faktor modifikasi tegangan leleh

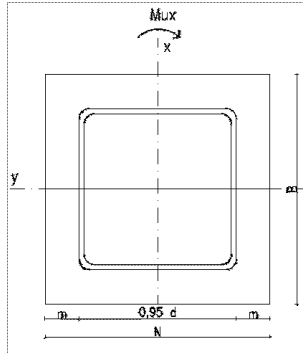
A_g = Luas penampang bruto

F_{cr} = Tegangan kritis

3.3.11. Perencanaan *Base Plate*

Perhitungan *Base Plate*

$$e = \frac{M_{ux}}{P_u} \quad (3.93)$$



Gambar 3. 9 Penampang Base Plate

Akibat beban P_u

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B.N} \quad (3.94)$$

Akibat beban M_{ux}

$$f_{pb} = \frac{6.M_{ux}}{B.N^2} \quad (3.95)$$

Tekanan Maksimum

$$f_{p(max)} = f_{pa} + f_{pb} \quad (3.96)$$

Menentukan M_{upl}

$$m = \frac{(N - 0.95 \times D)}{2} \quad (3.97)$$

$$M_{upl} = \left(f_{p(max)} - 2 \times f_{pb} \times \frac{m}{N} \right) \times \left(\frac{m^2}{2} \right) + \left(2 \times f_{pb} \times \frac{m}{N} \right) \times \left(\frac{m^2}{3} \right) \quad (3.98)$$

Menentukan tebal baseplate

$$t = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{upl}}{\phi \cdot f_y}} \quad (3.99)$$

3.3.12. Perencanaan Pondasi

Pada umumnya tiang- tiang dalam fungsinya menahan beban lateral melalui sebuah poer. Poer ini sebagai penggabung dari tiang- tiang individu menjadi satu kelompok tiang dan sekaligus sebagai penyalur beban pada setiap tiang. Pada suatu perencanaan, poer dianggap kaku sehingga distribusi beban-beban luar yang melalui poer ke setiap tiang dapat dianggap linear.

1. Tiang Pancang Tunggal

Perencanaan struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang. Data tanah yang digunakan adalah hasil dari SPT. Daya dukung pada pondasi tiang pancang tunggal didapatkan dengan menjumlahkan dari tahanan ujung bawah ultimit (Q_p) dan tahanan gesek ultimit (Q_s) antara dinding tiang dan tanah di sekitarnya. Daya dukung tiang dihitung menurut persamaan Luciano Decourt.

$$Q_L = Q_P + Q_S \quad (3.100)$$

Keterangan :

Q_L = daya dukung tanah maksimum pada pondasi

Q_P = Resistance Ultimate didasar pondasi

Q_S = Resistance Ultimate akibat lekatan lateral

Tahanan ujung ultimit (Q_P) dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$Q_p = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p \quad (3.101)$$

Tahanan gesek dinding tiang (Q_s) dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_s = q_s \cdot A_s = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_s \quad (3.102)$$

Keterangan:

N_p = harga rata-rata SPT disekitar 4D atas sampai 4D bawah dasar tiang pondasi (D =diameter pondasi)

K = Koefisien karakteristik tanah

Untuk tanah lempung = 12 t/m²,

Untuk tanah lanau berlempung = 20 t/m²,

Untuk tanah lanau berpasir = 25 t/m²,

Untuk tanah pasir = 40 t/m²,

A_p = luas penampang dasar tiang

N_s = harga rata-rata SPT sepanjang tiang yang tertanam

A_s = luas selimut tiang

2. Kekuatan Bahan Tiang

Kekuatan dari beban tiang berkaitan dengan mutu bahan dan luas penampang tiang yang dipakai. Untuk tiang-tiang dari beton bertulang penulangan tiang dihitung berdasarkan suatu sistim struktur yang mungkin terjadi pada waktu pengangkatan dengan berat sendiri sebagai bebannya.

$$\bar{Q}b = \sigma_{bahan} \times A \quad (3.103)$$

σ_{bahan} = Tegangan ijin bahan

A = Luas penampang

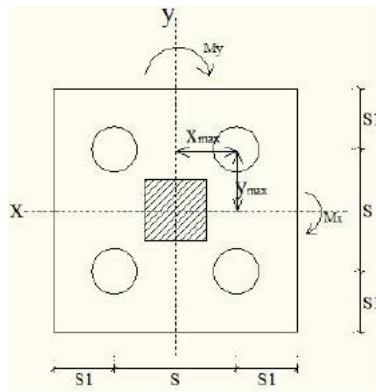
3. Perencanaan Pondasi Tiang Grup
 Perhitungan jarak tiang untuk jarak as ke as tepi pancang
 $2,5D \leq S < 3$
 untuk jarak tepi ke as tiang pancang
 $1,5 D < S1 < 2D$

keterangan :

S= jarak antar tiang pancang

S1 = jarak as tiang pancang ke tepi

D = diameter tiang pancang



Gambar 3. 10 Pondasi Tiang Pancang Group

Perumusan efisiensi tiang menurut persamaan Converse-Labbare

$$Eg = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad (3.104)$$

Keterangan :

Eg = Efisiensi kelompok tiang

m = jumlah baris tiang

n = jumlah tiang dalam 1 baris

$\theta = \arctan d/s$, dalam derajat

s = jarak antar pusat tiang

d = diameter tiang

Perkiraan jumlah tiang pancang

$$n = \frac{\sum P}{P_{ijin}} \quad (3.105)$$

Syarat : $P_{max} < P_{ijin}$

$$P = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_y X_{max}}{\sum x^2} + \frac{M_x Y_{max}}{\sum y^2} < P_{ijin} \quad (3.106)$$

$$P = \frac{\sum P}{n} - \frac{M_y X_{max}}{\sum x^2} - \frac{M_x Y_{max}}{\sum y^2} < 0 \quad (3.107)$$

Keterangan :

n = jumlah tiang pancang

M_x = momen yang bekerja pada arah X

M_y = momen yang bekerja pada arah Y

V_{max} = jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu X

Y_{max} = jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu Y

$\sum x^2$ = jumlah kuadrat jarak as tiang pancang terhadap sb X

Σy^2 = jumlah kuadrat jarak as tiang pancang terhadap
sb y

3.3.13. Perencanaan Poer

a. Kontrol dimensi poer

Untuk merencanakan tebal poer harus memenuhi syarat, yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons, dimana nilai V_c diambil dari persamaan SNI03-2847-2002 ps.13.12.2 :

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \frac{\sqrt{f'_c} b_0 d}{6} \quad (3.108)$$

$$V_c = \left(\frac{\alpha_2 d}{b_0} + 2 \right) \frac{\sqrt{f'_c} b_0 d}{12} \quad (3.109)$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} b_0 d \quad (3.110)$$

Jika:

$V_u < \phi V_c \rightarrow$ Tidak perlu tul geser

$V_u > \phi V_c \rightarrow$ Tebal poer tidak mencukupi

B_c = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek penampang kolom

α = 40 untuk kolom dalam

= 30 untuk kolom tepi

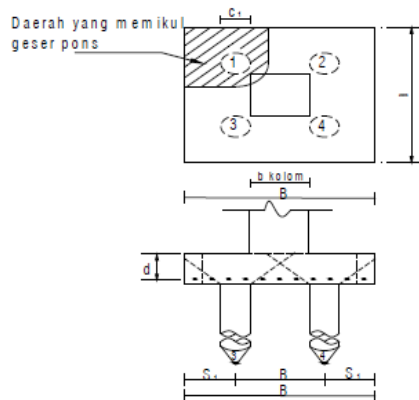
= 20 untuk kolom sudut

B_0 = parameter penampang kritis

d = tinggi manfaat pelat

- b. Kontrol geser pons pada poer akibat beban aksial dari tiang pancang

Kekuatan geser pondasi di daerah sekitar tiang pancang yang dipikul harus ditentukan dengan kerja dua arah pada pelat pondasi. Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $\frac{1}{2} d$ dari muka tiang pancang, yang mengelilingi tiang pancang yang dipikul oleh pelat pondasi. Untuk mencapai kondisi kerja balok dua arah, maka syarat jarak tiang pancang ke tepi harus lebih besar dari 1,5 kali diameter tiang pancang tersebut. Gambar 3.10 menjelaskan cara menentukan penampang kritis akibat aksial tiang pancang pada asumsi kerja dua arah.



Gambar 3. 11 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Aksial Tiang Pancang

- c. Kontrol geser pons 2 arah
Kuat geser yang disumbangkan beton diambil terkecil

$$V_u \leq \phi V_c$$

Dimana V_c diambil nilai terkecil dari

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \frac{\sqrt{f'_c} b_0 d}{6} \quad (3.111)$$

Atau

$$V_c = \left(\frac{\alpha_2 d}{b_0} + 2 \right) \frac{\sqrt{f'_c} b_0 d}{12} \quad (3.112)$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} b_0 d \quad (3.113)$$

Jika:

$V_u < \phi V_c$ $\frac{3}{4}$ ® tidak perlu tulangan geser

$V_u > \phi V_c$ $\frac{3}{4}$ ® tebal poer tidak mencukupi

3.3.14. Perencanaan Sloof

1. Pondasi Sloof

Menurut Pedoman Perancangan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987 pasal 2.2.8, untuk pondasi setempat dari suatu gedung harus saling berhubungan dalam 2 arah (umumnya saling tegak lurus) oleh unsur penghubung yang direncanakan terhadap gaya aksial tarik dan tekan sebesar 10% dari beban vertikal maksimum. Desain penulangan pada sloof akan direncanakan menggunakan tulangan baja, hal tersebut dilakukan karena sloof menerima kombinasi beban aksial tekan dan lentur.

2. Penulangan Lentur Sloof

Berdasarkan SNI 03-2847-2012 Pasal 21.12.3.2 Balok sloof yang didesain sebagai pengikat horizontal antara *poer* harus diproposikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar jarak antar kolom yang disambung dibagi dengan 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450. Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya seperti penulangan pada kolom. Konstruksi sloof merupakan balok menerus sehingga pada perhitungan momen digunakan momen koefisien. Besarnya koefisien momen tersebut ditentukan pada SNI 03-2847-2012 Pasal 8.3.3.

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25mm. Minimum lebar tie beam yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

- 2 x penutup beton ($p = 50 \text{ mm}$)
- 2 x sengkang, $\phi_{\text{sengkang}} = 10 \text{ mm}$
- 4 x D22
- 3 kali jarak antara 25 mm

3. Penulangan Geser Sloof

Berdasarkan SNI 03-2847-2012 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \quad (3.114)$$

Berdasarkan RSNI 03-2847-2012 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari $\frac{d}{2}$ atau 300 mm.

3.3.15. Penggambaran Hasil Perencanaan

Hasil modifikasi perencanaan struktur dituangkan dalam gambar teknik sesuai hasil perhitungan dengan menggunakan software bantu AutoCAD.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Struktur Sekunder

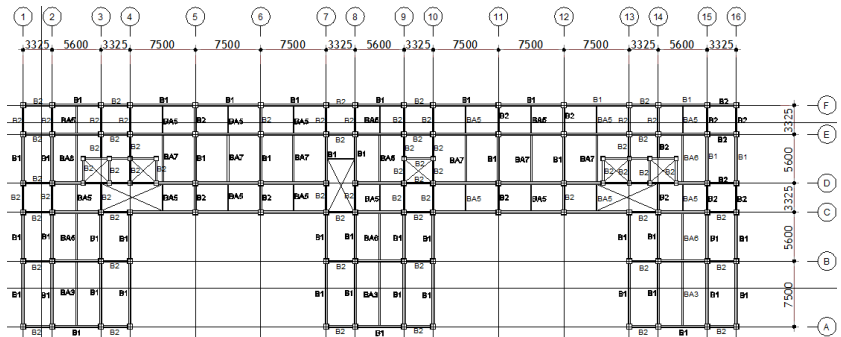
Perencanaan Struktur Sekunder meliputi perencanaan pelat lantai, balok anak, tangga dan balok penggantung lift.

4.1.1. Perencanaan Pelat Lantai

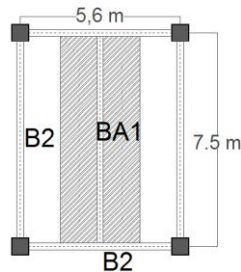
Perencanaan lantai yang ada pada gedung ini menggunakan Bondex dengan table perencanaan praktis yang ada dari SUPER FLOOR DECK. Struktur lantai direncanakan dengan menggunakan satu baris penyangga (one row props) selama proses pengerasan pelat beton. Spesifikasi yang digunakan dalam perencanaan pelat lantai adalah sebagai berikut :

- Bondex Menggunakan Tebal 0,75 mm
- Beton menggunakan mutu $f'_c = 25$ MPa

a. Perencanaan Pelat Lantai Atap



Gambar 4. 1 Denah Pelat Lantai Atap
(Sumber: Penulis)



Gambar 4. 2 Detail Pelat Lantai Atap
(Sumber: Penulis)

Beban Mati :

- Berat spesi 2 cm $= 2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}^2$
 - Berat plafon + penggantung $= 11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$
 - Berat ducting dan plumbing $= 10 \text{ kg/m}^2$
-
- $q_{D\text{total}} = 70 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup (SNI 1727-2013) :

- Lantai atap $q_{L\text{lantai}} = 96 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

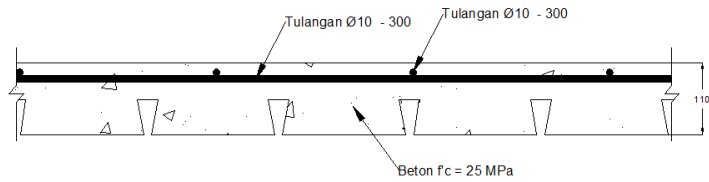
- $Q_u = q_D + q_L$
 $= 70 + 96$
 $= 166 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2$

Data-data perencanaan pelat bondex

- Bentang 2,8 m
- Beban berguna $= 200 \text{ kg/m}^2$
- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif $2,51 \text{ cm}^2/\text{m}$
 Digunakan tulangan $\emptyset 10$ ($A_s = 0,786 \text{ cm}^2$), BJTD 30 dimana $f_y = 480 \text{ Mpa}$.

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

- $n = \frac{2,51}{0,7857} = 3,19 \approx 4 \text{ buah}$
- Jarak antar tulangan $s = \frac{1000}{3,19} = 313,48 \text{ mm}$
- Jadi dipasang tulangan negatif $\emptyset 10 - 300$



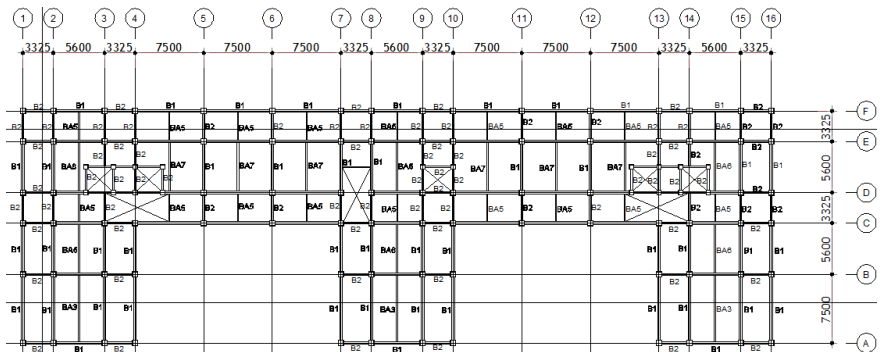
Gambar 4. 3 Penulangan Pelat Lantai Atap
(Sumber: Penulis)

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Perhitungan Pelat Atap

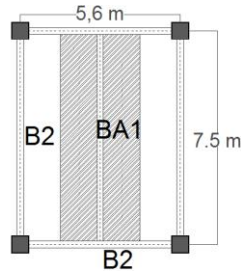
Tipe Pelat	Bentang	Tebal Pelat	Tulangan Negatif
1	3,750 m	11 cm	Ø 10 – 300
2	3,325 m	11 cm	Ø 10 – 300
3	2,800 m	9 cm	Ø 10 – 300

Berdasarkan tabel diatas didapatkan nilai dari tebal pelat yang terbesar adalah 11 cm dan yang terkecil adalah 9 cm, maka digunakan tebal pelat 11 cm.

b. Perencanaan Pelat Lantai Apartemen



Gambar 4. 4 Denah Pelat Lantai Apartemen
(Sumber: Penulis)



Gambar 4. 5 Detail Pelat Lantai Apartemen
(Sumber: Penulis)

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai ruangan apartemen ini menggunakan SNI 1727-2013

Beban Mati :

- Berat spesi 2 cm $= 2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}^2$
 - Berat keramik 1 cm $= 1 \times 24 = 24 \text{ kg/m}^2$
 - Berat plafon + penggantung $= 11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$
 - Berat ducting dan plumbing $= 10 \text{ kg/m}^2$
-
- $q_{\text{Dtotal}} = 94 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup :

- Lantai $q_L = 192 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

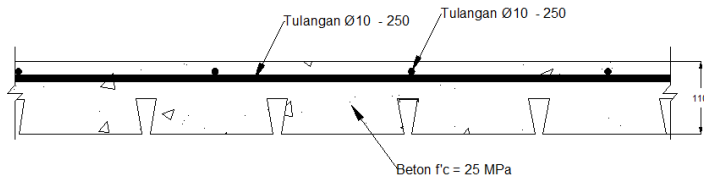
- $Q_u = q_D + q_L = 92 + 192 = 284 \text{ kg/m}^2 \approx 300 \text{ kg/m}^2$

Data-data perencanaan pelat bondek

- Bentang = 2,8 m
- Beban berguna = 300 kg/m^2
- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif $3,07 \text{ cm}^2/\text{m}$
Digunakan tulangan $\emptyset 10$ ($A_s = 0,786 \text{ cm}^2$) dan BJTD 30 dimana $f_y = 480 \text{ Mpa}$.

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

- $n = \frac{3,07}{0,786} = 3,91 = 4 \text{ buah}$
- jarak antar tulangan $= \frac{1000}{3,91} = 255,75 \text{ mm}$
- jadi dipasang tulangan negatif $\emptyset 10 - 250$



Gambar 4. 6 Penulangan Pelat Lantai Apartemen
(Sumber: Penulis)

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Perhitungan Pelat Lantai
Apartemen

Tipe Pelat	Bentang	Tebal Pelat	Tulangan Negatif
1	3,750 m	11 cm	Ø 10 – 150
2	3,325 m	11 cm	Ø 10 – 200
3	2,800 m	9 cm	Ø 10 – 250

Berdasarkan tabel diatas didapatkan nilai dari tebal pelat yang terbesar adalah 11 cm dan yang terkecil adalah 9 cm, maka digunakan tebal pelat 11 cm.

4.1.2. Perencanaan Balok Anak

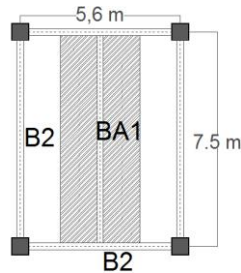
Fungsi dari balok anak adalah menerima beban dari pelat lantai lalu meneruskan serta membagi beban yang dipikul ke balok induk. Balok anak didesain sebagai struktur sekunder, sehingga didalam perhitungan tidak menerima beban lateral yang diakibatkan oleh gempa.

a. Perencanaan Balok Anak Lantai Atap

Balok anak yang terletak pada lantai atap direncanakan menggunakan profil WF 350 x 175 x 6 x 9, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 346 mm	ix	= 14,5 cm
bf	= 174 mm	iy	= 3,88 cm
tf	= 9 mm	Zx	= 689 cm ³

tw	= 6 mm	$Z_y = 139 \text{ cm}^3$
A	= 52,68 cm ²	$S_x = 641 \text{ cm}^3$
q	= 41,4 kg/m	$S_y = 91 \text{ cm}^3$
I_x	= 11100 cm ⁴	r = 14 cm
I_y	= 792 cm ⁴	h = d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)	= 300 mm



Gambar 4. 7 Denah Balok Anak Lantai Atap
(Sumber: Penulis)

- **Beban- Beban Yang Bekerja**
 - **Beban Mati**

Berat pelat bondek	= 10,1	kg/m ²
Berat beton 0,11 x 2400	= 264	kg/m ²
Berat Spesi 2cm	= 42	kg/m ²
Berat plafon + penggantung	= 18	kg/m ²
Berat ducting dan plumbing	= 10	kg/m ²
	= 344,1	kg/m ²
344,1 kg/m ² x 2,8 m	= 963,48	kg/m
Berat profil	= 41,4	kg/m
	q _D = 1004,88	kg/m
 - **Beban hidup (SNI 1727:2013)**

q _L = 2,8 m x 96 kg/m ²	= 268,8	kg/m
---	---------	------
 - **Beban berfaktor :**

q _U = 1,2 . q _D + 1,6 . q _L		
= 1,2 . 1004,88 + 1,6 . 268,8	= 1635,94	kg/m

- Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok

- Momen:

$$Mu = \frac{1}{8} \cdot qu \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 1635,94 \cdot 7,5^2$$

$$= 11502,68 \text{ kg m}$$

- Gaya Geser:

$$Vu = \frac{1}{2} \cdot qu \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 1635,94 \cdot 7,5$$

$$= 6134,76 \text{ kg}$$

- Kontrol Kuat Momen Lentur

- Pelat sayap:

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{174}{2 \cdot 9} = 9,66$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{fy}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Pelat badan:

$$\frac{h}{tw} = \frac{300}{60} = 50$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = 106,25$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$Mp = Zx \times fy$$

$$= 689 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2$$

$$= 1722500 \text{ kg.cm} = 17225 \text{ kg.m}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral
 Jarak penahan lateral (L_b) = 100 cm
 $L_p = 193,148$ cm } Dari Tabel (L_p & L_r)
 $L_r = 533,944$ cm }

$L_b < L_p < L_r \rightarrow$ Bentang Pendek

$$\begin{aligned} M_{nx} = M_{px} &= Z_x \times f_y \\ &= 689 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 1722500 \text{ kg.cm} = 17225 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Persamaan Interaksi

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \leq 1,0$$

$$\frac{11502,68}{0,9 \cdot 17225} + 0 \leq 1,0$$

$$0,742 \leq 1,0 \text{ (OK)}$$

- Kontrol Geser
 $V_u = 6134,76$ kg

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{300}{6} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$50 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } V_n &= 0,6 f_y A_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (30 \times 0,6) = 27000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \cdot 27000 \text{ kg} \\ &= 24300 \text{ kg} > 6134,76 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Lendutan

- $f_{ijin} = \frac{L}{180} \rightarrow \frac{750}{180} = 4,17 \text{ cm}$

Lendutan akibat beban

$$\begin{aligned}
 f_x &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(qdl + qll) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right) \\
 &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(1004,88 + 268,8) \cdot 10^{-2} \cdot 750^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 11100} \right) \\
 &= 2,36 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- $f_x = 2,36 \text{ cm} < f_{ijin} = 4,17 \text{ cm}$ (OK)

“Profil WF 350 x 175 x 6 x 9 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai atap”

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak Atap

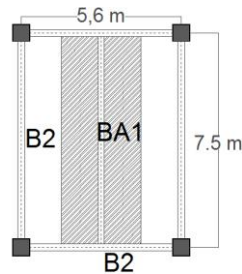
Balok anak Lantai	Bentang		Profil yang digunakan
	Panjang balok anak (m)	Jarak antar balok anak (m)	
1	3,325	2,8	200 x 100 x 4,5 x 7
2	3,325	3,75	200 x 100 x 4,5 x 7
3	5,6	2,8	250 x 125 x 6 x 9
4	5,6	3,75	300 x 150 x 5,5 x 8
5	7,5	2,8	350 x 175 x 6 x 9

b. Perencanaan Balok Anak Lantai Gedung

Balok anak yang terletak pada lantai akan difungsikan sebagai apartemen direncanakan menggunakan profil WF 400 x 200 x 8 x 13, dengan data- data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 d &= 400 \text{ mm} & i_x &= 16,8 \text{ cm} \\
 bf &= 200 \text{ mm} & i_y &= 4,54 \text{ cm} \\
 tf &= 13 \text{ mm} & Z_x &= 1286 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

tw	= 8 mm	Zy	= 266 cm ³
A	= 84,12 cm ²	Sx	= 1190 cm ³
q	= 66,0 kg/m	Sy	= 174 cm ³
Ix	= 23700 cm ⁴	r	= 16 cm
Iy	= 1740 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 342 mm



Gambar 4. 8 Denah Balok Anak Lantai Apartemen
(Sumber: Penulis)

- **Beban- Beban Yang Bekerja**

- **Beban Mati**

Berat pelat bondek	= 10,1	kg/m ²
Berat spesi 2 x 21	= 42	kg/m ²
Berat tegel	= 24	kg/m ²
Berat beton 0,11 x 2400	= 264	kg/m ²
Berat plafon + penggantung 11 + 7	= 18	kg/m ²
Berat ducting dan plumbing	= 10	kg/m ²
	<u>= 368,10</u>	kg/m ²
368,10 kg/m ² x 2,8 m	= 1030,68	kg/m
Berat profil	= 66	kg/m
	<u>= 1096,68</u>	kg/m
- **Beban hidup (SNI 1727:2013)**

q _L = 2,8 m x 192 kg/m ²	= 537,6	kg/m
--	---------	------
- **Beban berfaktor :**

q _U = 1,2 . q _D + 1,6 . q _L		
= 1,2 . 1096,08 + 1,6 . 537,6	= 2176,18	kg/m

- Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok
 - *Momen:*

$$Mu = \frac{1}{8} \cdot qu \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 2176,18 \cdot 7,5^2$$

$$= 15301,24 \text{ kg m}$$
 - *Gaya Geser:*

$$Vu = \frac{1}{2} \cdot qu \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 2176,18 \cdot 7,5$$

$$= 8160,66 \text{ kg}$$
- Kontrol Kuat Momen Lentur
 - Pelat sayap:

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2 \cdot 13} = 7,69$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{fy}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$
 - Pelat badan:

$$\frac{h}{tw} = \frac{342}{8} = 42,75$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = 106,25$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$
 - Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$Mp = Zx \cdot fy$$

$$= 1286 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2$$

$$= 3215000 \text{ kg.cm} = 32150 \text{ kg.m}$$
- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral (L_b) = 100 cm

$L_p = 226,003 \text{ cm}$ } Dari Tabel (L_p & L_r)
 $L_r = 658,357 \text{ cm}$ }

$L_b < L_p < L_r \rightarrow$ Bentang Pendek

$$\begin{aligned}
 M_{nx} &= M_{px} = Z_x \times f_y \\
 &= 1286 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 3215000 \text{ kg.cm} = 32150 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

- Persamaan Interaksi

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \leq 1,0$$

$$\frac{15301,24}{0,9 \cdot 32150} + 0 \leq 1,0$$

$$0,53 \leq 1,0 \text{ (OK)}$$

- Kontrol Geser

$$V_u = 8157,96 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{234}{9} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$42,75 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka, } V_n &= 0,6 f_y A_w \\
 &= 0,6 \times 2500 \times (40 \times 0,8) = 48000 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0,9 \cdot 48000 \text{ kg} \\
 &= 43200 \text{ kg} > 8160,66 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

- Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} \rightarrow \frac{750}{360} = 2,083 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban

$$\begin{aligned}
 f_x &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(qdl + qll) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right) \\
 &= \left(\frac{5}{384} \cdot \frac{(1096,68 + 537,6) \cdot 10^{-2} \cdot 750^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 23700} \right) \\
 &= 1,4 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$f_x = 1,4 \text{ cm} < f_{ijin} = 2,083 \text{ cm (OK)}$$

“ Profil WF 400 x 200 x 8 x 13 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai apartemen”

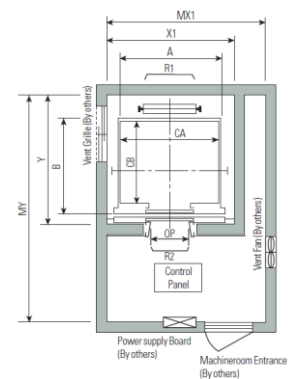
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak Lantai Apartemen

Balok anak Lantai	Bentang		Profil yang digunakan							
	Panjang balok anak (m)	Jarak antar balok anak (m)								
1	3,325	2,8	200	x	100	x	5,5	x	8	
2	3,325	3,75	200	x	100	x	5,5	x	8	
3	5,6	2,8	300	x	150	x	6,5	x	9	
4	5,6	3,75	350	x	175	x	6	x	9	
5	7,5	2,8	400	x	200	x	8	x	13	
6	7,5	3,75	400	x	200	x	8	x	13	

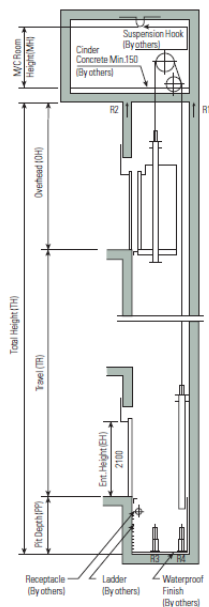
4.1.3. Perencanaan Balok Penggantung Lift

Pada perencanaan balok lift meliputi balok- balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung lift. Pada bangunan ini menggunakan lift penumpang dengan data- data sebagai berikut:

- Tipe lift : *Passenger Elevators*
- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 13 Orang / 900 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 900 mm
- Internal car : 1700 x 1520 mm²
- Dimensi ruang luncur (*hoistway inside*) 1 Car : 2250 x 2100 mm²
- Beban reaksi ruang mesin : R₁ = 12030 kg
R₂ = 6650 kg



Gambar 4. 9 Rencana Lift
(Sumber: Hyundai Elevator.co.ltd)



Gambar 4. 10 Hoistway Section
(Sumber: Hyundai Elevator.co.ltd)

Perencanaan Balok Penggantung Lift

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 9 x 14, dengan data- data sebagai berikut:

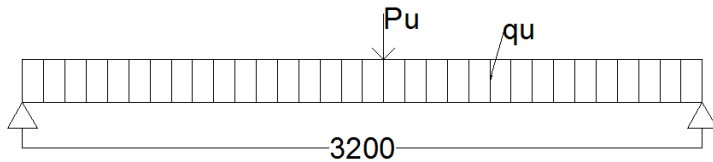
d	= 298 mm	ix	= 12,6 cm
bf	= 201 mm	iy	= 4,77 cm
tf	= 14 mm	Zx	= 963 cm ³
tw	= 9 mm	Zy	= 288 cm ³
A	= 83,36 cm ²	Sx	= 893 cm ³
q	= 65,4 kg/m	Sy	= 189 cm ³
Ix	= 13300 cm ⁴	r	= 18 mm
Iy	= 1900 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 234 mm

- **Pembebanan Balok Penggantung Lift**

- **Beban mati**
 Berat profil balok penggantung lift = 65,4 kg/m
 Berat sambungan (10%) = 6,54 kg/m
 $q_d = 71,94 \text{ kg/m}$
- **Beban hidup**
 Digunakan beban hidup untuk *maintenance*
 Beban hidup terpusat (P) = 100 kg
- **Beban merata ultimate**
 $q_u = 1,2 \times q_d + 1,6 \times P$
 $= (1,2 \times 71,94) + (1,6 \times 100) = 246,328 \text{ kg/m}$
- **Beban terpusat lift**
 Pada pasal 4.7 Impact load RSNI-03-1727 (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung) menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 100% untuk beban kejut dan tumpuan struktur harus direncanakan berdasarkan beban lendutan atau spesifikasi teknik dari pembuat.
 Pada tabel perencanaan lift diperoleh:
 $PU_1 = R_1 \cdot (1+100\%)$
 $= 12030 \times (1+100\%) = 24060 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}
 PU_2 &= R_2 \cdot (1+100\%) \\
 &= 6650 \times (1+100\%) = 13300 \text{ kg} \\
 \text{Dipilih beban PU terbesar} &= 24060 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Gaya Dalam Balok Penggantung Lift



Gambar 4. 11 Model Pembebanan Balok Penggantung Lift
(Sumber : Penulis)

- Reaksi perletakan

$$\begin{aligned}
 Ra &= Rb = \frac{1}{2} \times qu \times L + \frac{1}{2} \times Pu \\
 Ra &= Rb = \frac{1}{2} \times 246,328 \times L + \frac{1}{2} \times 24060 \\
 &= 12424,12 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Momen maksimum

$$\begin{aligned}
 Mmax &= \frac{1}{8} \times qu \times L^2 + \frac{1}{4} \times Pu \times L \\
 Mmax &= \frac{1}{8} \times 246,328 \times 3,2^2 + \frac{1}{4} \times 24060 \times 3,2 \\
 &= 19563,3 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

- Gaya geser

$$\begin{aligned}
 Vu &= Ra \\
 &= 12424,12 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Kuat Momen Lentur

- Pelat sayap:

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{201}{2.14} = 7,18$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Pelat badan:

$$\frac{h}{tw} = \frac{234}{9} = 26$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = 106,25$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times f_y \\ &= 963 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 2407500 \text{ kg.cm} = 24075 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral (L_b) = 320 cm

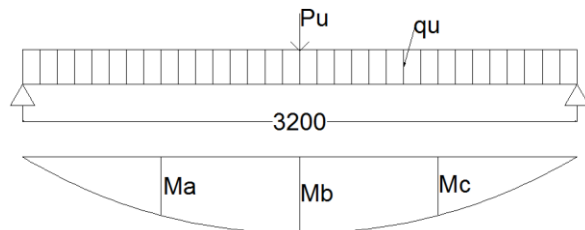
$L_p = 237,452 \text{ cm}$ } Dari Tabel (L_p & L_r)

$L_r = 816,357 \text{ cm}$ }

$L_p < L_b < L_r \rightarrow$ Bentang Menengah

Karena bentang menengah, maka:

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right] \leq M_p$$



Gambar 4. 12 Diagram Momen Balok Penggantung Lift
(Sumber : Penulis)

$$\begin{aligned}
 M_A &= M_C \\
 &= R_A \times (L/4) - q_u \times (L/4) \times (L/8) \\
 &= 12424,12 \times 0,8 - 246,328 \times 0,8 \times 0,4 \\
 &= 9860,475 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_B &= M_{\text{Max}} \\
 &= 19563,3 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

$$Cb = \frac{12,5 M_{\text{max}}}{2,5 M_{\text{max}} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3$$

$$\begin{aligned}
 Cb &= \frac{12,5 \cdot 19563,3}{2,5 \cdot 19563,3 + 3 \cdot 9860,475 + 4 \cdot 19563,3 + 3 \cdot 9860,475} \\
 &\leq 2,3
 \end{aligned}$$

$$= 1,312 \leq 2,3 \text{ (plastis)}$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= Z_x \cdot f_y \\
 &= 963 \cdot 2500 = 2407500 \text{ kg.cm} = 24075 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= S_x \cdot (f_y - f_r) \\
 &= 893 \cdot (2500 - 700) = 1607400 \text{ kg.cm} = 16074 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= Cb \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right] \\
 &= 1,31 \left[16074 + (24075 - 16074) \frac{816,357 - 320}{816,357 - 237,452} \right] \\
 &= 30099,87 \text{ kg.m} > M_p \rightarrow \text{Maka dipakai } M_p
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan Penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned}
 \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 24075 \text{ kg.m} \\
 &= 21667,5 \text{ kg.m} \geq 19563,3 \text{ kg.m (OK)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Geser

$$V_u = 12424,12 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{234}{9} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$26 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka, } V_n &= 0,6 f_y A_w \\
 &= 0,6 \times 2500 \times (39,8 \times 0,9) = 40230 \text{ kg} \\
 \emptyset V_n &\geq V_u \\
 \emptyset V_n &= 0,9 \cdot 40230 \text{ kg} \\
 &= 36207 \text{ kg} > 12424,12 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

- Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} \rightarrow \frac{320}{360} = 0,89 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban

$$\begin{aligned}
 f^o &= \frac{5((qdl+ql)/100)l^4}{384 \cdot EI_x} + \frac{P \cdot l^3}{48 EI_x} \\
 f^o &= \frac{5((71,94+100)/100)320^4}{384 \cdot 2.10^6 \cdot 13300} + \frac{24060 \cdot 320^3}{48 \cdot 2.10^6 \cdot 13300} \\
 &= 0,626 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$f_{ijin} > f^o \text{ (OK)}$$

“ Profil WF 350 x 250 x 9 x 14 dapat digunakan sebagai balok penggantung lift”

4.1.4. Perencanaan Tangga dan Bordes

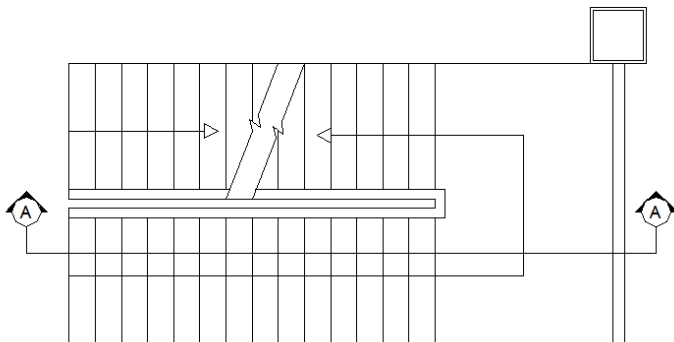
Tangga adalah sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain. Pada gedung Apartemen Grand Djika City Jatiwarna Bekasi ini struktur tangga direncanakan menggunakan konstruksi dari dek baja yang dicor beton.

a. Perencanaan Tangga

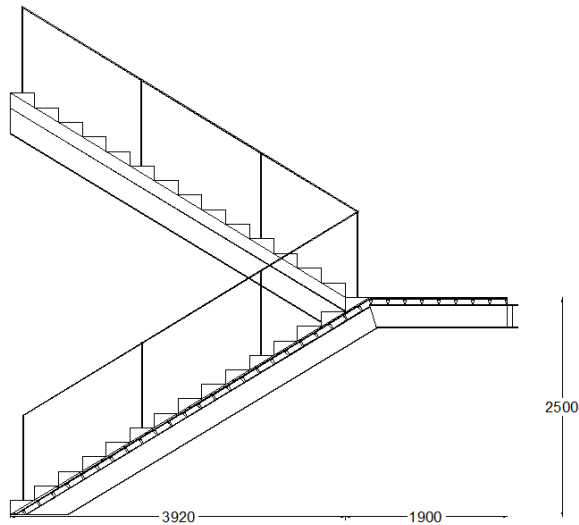
Data Teknis Tangga

- Mutu baja	= BJ-41
- Tinggi antar lantai	= 500 cm
- Tinggi bordes	= 250 cm
- Panjang tangga	= 392 cm

- Lebar tangga = 145 cm
- Lebar bordes = 190 cm
- Lebar injakan (i) = 28 cm
- Tinggi injakan (t) = 17 cm
- Lebar pegangan tangga = 10 cm
- Persyaratan-persyaratan jumlah injakan tangga
 $60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$
 $25^\circ < \alpha < 40^\circ$
 Dimana :
 t = tinggi injakan (cm)
 i = lebar injakan (cm)
 α = kemiringan tangga
- Perhitungan Jumlah Injakan dan Kemiringan Tangga
 Tinggi injakan (t) = 17 cm
 Jumlah tanjakan = $\frac{(500/2)}{17} = 14,706 \text{ buah} = 15 \text{ buah}$
 Jumlah injakan (n) = $15 - 1 = 14 \text{ buah}$
 $60 \text{ cm} \leq (2 \times 17 + 28) \leq 65 \text{ cm}$
 $60 \text{ cm} < (62) < 65 \text{ cm (OK)}$
 Lebar bordes = 190 cm
 Lebar tangga = 145 cm
 $\alpha = \text{arc tg} \left(\frac{500/2}{392} \right) = 32,53^\circ < 40^\circ$



Gambar 4. 13 Denah Tangga
 (Sumber : Penulis)



Gambar 4. 14 Tampak Samping Tangga
(Sumber : Penulis)

- Tebal efektif Pelat Tangga

$$\begin{aligned}\text{Luas } \Delta 1 &= 0,5 \times i \times t \\ &= 0,5 \times 28 \times 17 \\ &= 238 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas } \Delta 2 &= 0,5 \times (i^2 + t^2)^{0,5} \times d \\ &= 0,5 \times (28^2 + 17^2)^{0,5} \times d \\ &= 16,4d \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas } \Delta 1 &= \text{Luas } \Delta 2 \\ 238 \text{ cm}^2 &= 16,4d \\ d \text{ efektif} &= 14,53 \text{ cm}\end{aligned}$$

- Perencanaan Pelat Beton Anak Tangga

Anak tangga terbuat dari beton dan pelat beton anak tangga menggunakan pelat beton dengan deck baja. Struktur pelat beton anak tangga direncanakan menggunakan bantuan tabel

perencanaan praktis berdasar brosur “SUPER FLOOR DECK”

- Tebal deck baja = 0,75 mm
- Mutu Beton = 25 MPa
- Mutu Baja U-48 = 4800 kg/cm²
- Berat Jenis Beton = 2400 kg/cm²
- Tipe Pelat = Bentang Tunggal
- Tulangan Susut = Wire Mesh diameter 5 mm

Beban Mati :

- Berat ekivalen anak tangga 24 x 14,53 = 348,75 kg/m²
 - Berat spesi 2 cm 0,02 x 2200 = 42 kg/m²
 - Berat keramik 1 cm 1 x 24 = 24 kg/m²
- $$Q_{Dtotal} = 414,75 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup:

Beban hidup pada tangga diambil sebesar 480 kg/m² sesuai SNI 1727-2013 tabel 4.1

Beban Berguna

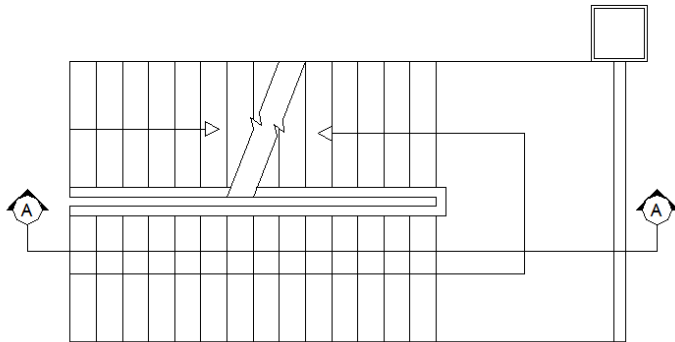
$$Q_u = Q_d + Q_l = 414,75 + 480 = 894,75 \text{ kg/m}^2$$

Data-data perencanaan pelat bondex

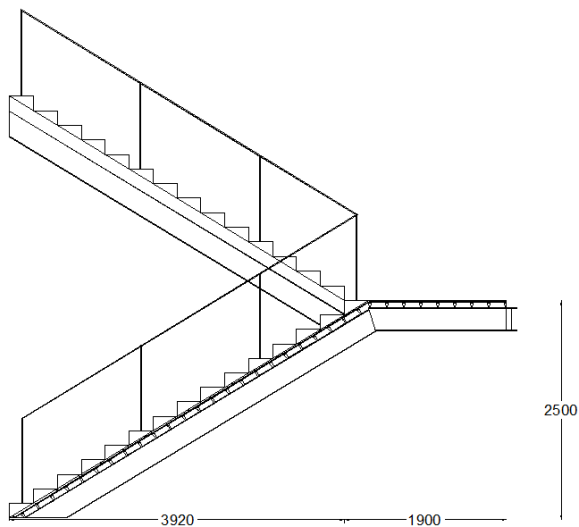
- Bentang 1,45 m \approx 1,5 m
 - Beban berguna = 894,75 kg/m² \approx 1000 kg/m²
- Bentang tunggal tanpa tulangan negatif, diperoleh tebal pelat sebesar 9 cm.

b. Perencanaan Bordes

Anak tangga terbuat dari beton dan pelat beton anak tangga menggunakan pelat beton dengan deck baja. Struktur pelat beton anak tangga direncanakan menggunakan bantuan tabel perencanaan praktis berdasar brosur “SUPER FLOOR DECK”.



Gambar 4. 15 Denah Tangga
(Sumber : Penulis)



Gambar 4. 16 Tampak Samping Tangga
(Sumber : Penulis)

Pelat Bordes

- Tebal deck baja = 0,75 mm
- Mutu Beton = 30 MPa
- Mutu Baja U-48 = 4800 kg/cm²

- Berat Jenis Beton = 2400 kg/cm^3
 - Tipe Pelat = Bentang Tunggal
 - Tulangan Susut = Wire Mesh diameter 5 mm
- Beban Mati :

$$\begin{aligned}
 - \text{ Berat spesi } 2 \text{ cm } 0,02 \times 2100 &= 42 \text{ kg/m}^2 \\
 - \text{ Berat keramik } 1 \text{ cm } 1 \times 24 &= 24 \text{ kg/m}^2 \\
 q_{D\text{total}} &= 66 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban Hidup:

Beban hidup pada tangga diambil sebesar 480 kg/m^2 sesuai SNI 1727-2013 tabel 4.1

Beban Berguna

$$Q_u = Q_d + Q_l = 66 + 480 = 546 \text{ kg/m}^2$$

Data-data perencanaan pelat bondex

- Bentang $1,9 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$
 - Beban berguna $= 548 \text{ kg/m}^2 \approx 600 \text{ kg/m}^2$
 - Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif $2,03 \text{ cm}^2/\text{m}$
- Digunakan tulangan Ø 10 ($A_s = 0,7857 \text{ cm}^2$)

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

- $n = \frac{2,03}{0,7857} = 2,583 \approx 3 \text{ buah}$
- Jarak antar tulangan $s = \frac{1000}{3} = 333,33 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$

c. Perencanaan Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan menggunakan 2 buah balok WF pada sisi kanan dan kiri tangga dengan rencana di atas dua tumpuan sederhana yang menerima beban merata yang berasal dari berat sendiri balok, beban bordes dan beban dari anak tangga.

Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 250 x 125 x 5 x 8, dengan spesifikasi sebagai berikut:

d	= 248 mm	ix	= 10,4 cm
bf	= 124 mm	iy	= 2,79 cm
tf	= 8 mm	Zx	= 305 cm ³
tw	= 5 mm	Zy	= 63 cm ³
A	= 32,68 cm ²	Sx	= 285 cm ³
q	= 25,7 kg/m	Sy	= 41,1 cm ³
Ix	= 3540 cm ⁴	r	= 12 cm
Iy	= 255 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 208 mm

- Perencanaan Pembebanan Anak Tangga

Beban mati (anak tangga)

$$\text{Berat anak tangga } 414,75 \text{ kg/m}^2 \times 1,45/2 = 300,7 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pelat Bondek } 0,09 \times 1,45/2 \times 2400/\cos \alpha = 185,74 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil balok } 25,7 / \cos \alpha = 30,48 \text{ kg/m} +$$

$$q_{d1} = 516,91 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

$$q_{L1} = 480 \times 1,45/2 = 348 \text{ kg/m}$$

$$q_{U1} = 1,2 q_D + 1,6 q_L$$

$$= 1,2 \times 516,91 + 1,6 \times 348$$

$$= 1177,097 \text{ kg/m}$$

- Perencanaan Pembebanan Dan Gaya Dalam Bordes

Beban mati

$$\text{Spesi dan Keramik} = 1,45/2 \times 66 = 47,85 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pelat Bondek} = 1,45/2 \times 0,09 \times 2400 = 156,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Balok Tangga } 25,7 \text{ kg/m} = 25,7 \text{ kg/m} +$$

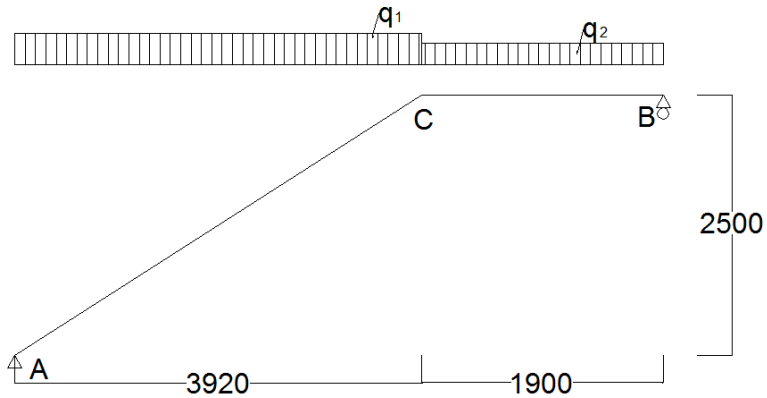
$$q_{d2} = 230,15 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

$$q_{L2} = 480 \times 1,45/2 = 348 \text{ kg/m}$$

$$q_{U2} = 1,2 q_{D2} + 1,6 q_{L2}$$

$$= 1,2 \times 230,15 + 1,6 \times 348 = 832,98 \text{ kg/m}$$



Gambar 4. 17 Model Pembebanan Balok Utama Tangga
(Sumber : Penulis)

- Perhitungan pembebanan

$$\Sigma M_a = 0$$

$$R_b(3,92+1,9) = q_u1.3,92.3,92/2 + q_u2.(3,92+1,9/2)$$

$$R_b = \frac{1177,097 \times 3,92 \times 3,92/2 + 832,98 \times (3,92 + \frac{1,9}{2})}{5,82}$$

$$= 2878,254 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_a(3,920+1,900) = q_u1.3,92.(3,92/2+1,9) +$$

$$q_u2.(1,9^2/2) = 0$$

$$R_a = \frac{1177,097 \times 3,92 \times (\frac{3,92}{2} + 1,9) + 832,98 \times 1,9^2}{5,82}$$

$$= 3318,63 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}\Sigma V &= R_a + R_b - q_{u1} \times 3,92 - q_{u2} \times 1,9 \\ &= 3318,63 + 2878,254 - 1177,097 \cdot 3,92 - 832,98 \cdot 1,9 \\ &= 0 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

Bidang M

- a - c :

$$\begin{aligned}M_x &= R_a \cdot x - \frac{1}{2} q_{u1} \cdot x^2 \\ &= 3318,63 \cdot x - \frac{1}{2} 1177,097 \cdot x^2\end{aligned}$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$M_a = 0 \text{ kg.m}$$

$$x = 3,92 \text{ m}$$

$$M_c = 3318,63 \cdot 3,92 - \frac{1}{2} \cdot 1177,097 \cdot 3,92^2 = 3965,15 \text{ kg.m}$$

Momen maksimum terjadi apabila $\frac{dM_x}{dx} = 0$

$$\frac{dM_x}{dx} = 3318,63 - 1177,097 \cdot x = 0$$

$$x = 2,82 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}M_{\max} &= 3318,63 \cdot 2,82 - \frac{1}{2} \cdot 1177,097 \cdot 2,82^2 \\ &= 4678,16 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

- b - c :

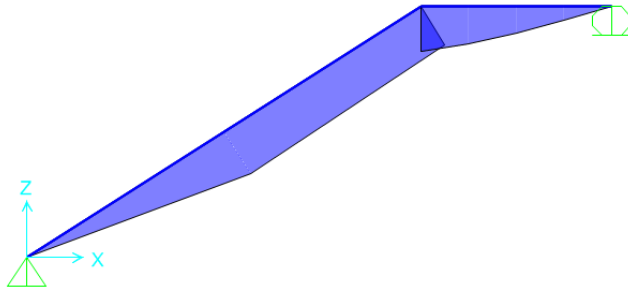
$$\begin{aligned}M_x &= R_b \cdot x - \frac{1}{2} q_{u2} \cdot x^2 - p \cdot x \\ &= 2878,254 x - \frac{1}{2} \cdot 832,98 \cdot x^2\end{aligned}$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$M_b = 0 \text{ kg.m}$$

$$x = 1,9 \text{ m}$$

$$M_c = 3965,153 \text{ kg.m}$$



Gambar 4. 18 Bidang M Balok Tangga
(Sumber : Penulis)

Bidang D

- a - c :

$$\begin{aligned} D_x &= R_a \cdot \cos(32,53^\circ) - q_{u1} \cdot x \cdot \cos(32,53^\circ) \\ &= 3318,63 \cdot \cos(32,53^\circ) - 1177,097 \cdot x \cdot \cos(32,53^\circ) \end{aligned}$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{a_{ka}} &= 3318,63 \cdot \cos(32,53^\circ) - 1177,097 \cdot 0 \cdot \cos(32,53^\circ) \\ &= 2798,035 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$x = 3,92 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{c_{ki}} &= 3318,63 \cdot \cos(32,53^\circ) - 1177,097 \cdot 3,92 \cdot \cos(32,53^\circ) \\ &= -1092,35 \text{ kg} \end{aligned}$$

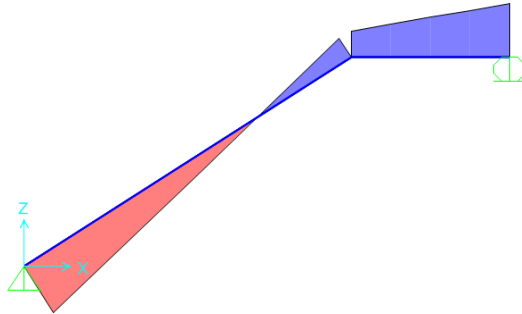
- b - c :

$$\begin{aligned} D_x &= -R_b + q_{u2} \cdot x \\ &= -2878,254 + 832,98 \cdot x \end{aligned}$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{b_{ki}} &= -2878,254 + 832,98 \cdot 0 \\ &= -2878,254 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x &= 1,9 \text{ m} \\
 Db_{ki} &= -2878,25 + 832,98 \cdot 1,9 \\
 Db_{ki} &= -1295,59 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 19 Bidang D Balok Tangga
(Sumber : Penulis)

Bidang N

- a - c :

$$N_x = 3318,63 \cdot \sin(32,53^\circ) - 1177,097 \cdot x \cdot \sin(32,53^\circ)$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$Na_{ka} = 3318,63 \cdot \sin(32,53^\circ) - 1177,097 \cdot 0 \cdot \sin(32,53^\circ)$$

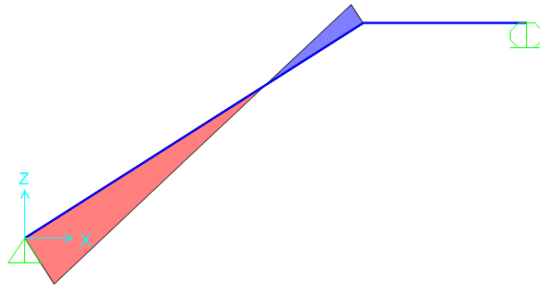
$$= 1784,46 \text{ kg}$$

$$x = 3,92 \text{ m}$$

$$Nc_{ki} = 3318,63 \cdot \sin(32,53^\circ) - 1177,097 \cdot 3,92 \cdot \sin(32,53^\circ)$$

$$= -696,65 \text{ kg}$$
- c - b :

$$N = 0 \text{ kg}$$



Gambar 4. 20 Bidang N Balok Tangga
(Sumber : Penulis)

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

- Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{124}{2 \times 8} = 7,75$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Pelat badan :

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{248 - 2(8+12)}{5} = 41,60$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 305$$

$$= 762500 \text{ kg.cm}$$

$$= 7625 \text{ kg.m}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

$$\begin{aligned} L_b &= 20 \text{ cm (jarak antara pengikat bondek ke balok tangga)} \\ L_p &= 138,88 \text{ cm} \\ L_r &= 404,55 \text{ cm} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} L_b \\ L_p \\ L_r \end{aligned}} \right\} \text{ Dari Tabel (Lp \& Lr)}$$

$L_b < L_p < L_r \rightarrow$ Bentang Pendek, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \times f_y \\ &= 305 \text{ cm}^3 \times 2500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 762500 \text{ kg.cm} = 7625 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 7625 \\ &= 6863 \text{ kg.m} \geq 4678,16 \text{ kg.m (OK)} \end{aligned}$$
- Kontrol Geser

$$\begin{aligned} V_u &= 2841,219 \text{ kg} \\ \frac{h}{t_w} &\leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{208}{5} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \\ 41,60 &\leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis} \end{aligned}$$

Maka, $V_n = 0,6 f_y A_w$

$$= 0,6 \times 2500 \times (24,8 \times 0,5) = 15600 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &\geq V_u \\ \phi V_n &= 0,9 \cdot 15600 \text{ kg} \\ &= 14040 \text{ kg} > 2878,25 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$
- Persamaan Interaksi Tekan - Lentur

$$L = \sqrt{(392)^2 + (250)^2} = 464,934 \text{ cm}$$

$$K_c = 1 \text{ (sendi - sendi)}$$

$$\lambda = k_c \times L = 1,0 \times 464,934 = 464,934$$

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{\lambda}{\pi \cdot i_x} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{464,934}{\pi \cdot 10,4} \sqrt{\frac{250}{200000}} \\ &= 0,503 \rightarrow \lambda_c < 1,25 \end{aligned}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6-0,67\lambda C} = \frac{1,43}{1,6-0,67 \cdot 0,503} = 1,13$$

$$P_n = \frac{Ag \times f_y}{\omega} = \frac{32,68 \times 2500}{1,13} = 72154,01 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,85 \times 72154,01 \text{ kg} \\ &= 61330,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_u = 1784,46 \text{ kg}$$

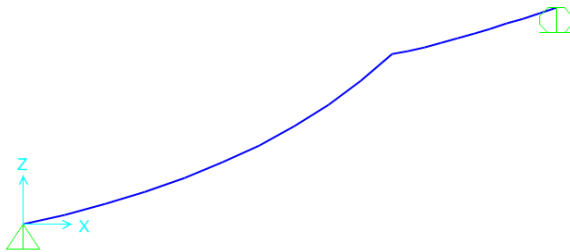
$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{1784,46}{61330,9} = 0,03 < 0,2 \text{ maka rumus interaksi 2}$$

$$= \frac{P_u}{\phi P_n} + \left[\frac{M_{ux}}{\phi b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi b M_{ny}} \right] \leq 1,0$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1784,46}{2 \cdot 61330,9} + \left[\frac{4678,16}{6863} + 0 \right] \leq 1,0 \\ &= 0,68 < 1 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{\sqrt{(392)^2 + (250)^2}}{240} = 1,94 \text{ cm}$$



Gambar 4. 21 Analisa Lendutan Balok Utama Tangga
(Sumber : Penulis)

Berdasar analisa program SAP 2000, diperoleh lendutan max balok utama tangga (f^0) = 1,5 cm (Hasil analisa SAP)

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 1,5 \text{ cm} < 1,94 \text{ cm (OK)}.$$

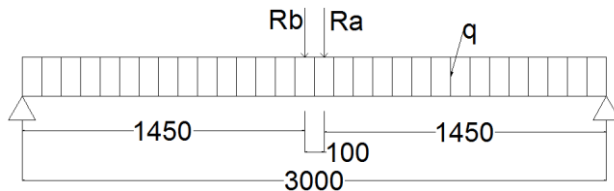
d. Perencanaan Balok Penumpu Tangga

Balok utama penumpu tangga direncanakan memakai profil WF 250 x 125 x 5 x 8 dengan data-data sebagai berikut:

d	= 248 mm	ix	= 10,4 cm
bf	= 124 mm	iy	= 2,79 cm
tf	= 8 mm	Zx	= 305 cm ³
tw	= 5 mm	Zy	= 63 cm ³
A	= 32,68 cm ²	Sx	= 285 cm ³
q	= 25,7 kg/m	Sy	= 41,1 cm ³
Ix	= 3540 cm ⁴	r	= 12 cm
Iy	= 255 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 208 mm

- Pembebanan

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi (Ra dan Rb) yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat P yang menumpu pada balok penumpu tangga. Pada balok penumpu tangga juga bekerja beban merata yang berasal dari dinding setengah dari tinggi lantai dan berat profil. Sketsa pembebanan balok penumpu tangga bisa dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4. 22 Pembebanan Balok Penumpu Tangga
(Sumber : Penulis)

$$R_a = 3318,63 \text{ kg}$$

$$R_b = 2878,254 \text{ kg}$$

Beban merata (q)

$$\text{Berat profil} = 25,7 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban dinding } 2,5 \times 100 &= 250 \text{ kg/m} + \\ &= \underline{275,7 \text{ kg/m}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat sambungan } 10\% &= 27,57 \text{ kg/m} + \\ &= \underline{303,27 \text{ kg/m}} \end{aligned}$$

- Reaksi Perletakan

$$\Sigma M_a = 0$$

$$R_{vb} \cdot 3 - R_a \cdot 1,55 - R_b \cdot 1,45 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 3^2 = 0$$

$$\begin{aligned} R_{vb} &= \frac{3318,63 \times 1,55 + 2878,254 \times 1,45 + \frac{1}{2} \times 303,27 \times 3^2}{3} \\ &= 3560,69 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_{va} \cdot 3 - R_b \cdot 1,55 - R_a \cdot 1,45 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 3^2 = 0$$

$$\begin{aligned} R_{va} &= \frac{2878,254 \times 1,55 + 3318,63 \times 1,45 + \frac{1}{2} \times 303,27 \times 3^2}{3} \\ &= 3546,01 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \Sigma V &= R_{va} + R_{vb} - R_a - R_b - q \times 3,2 \\ &= 3546,01 + 3560,69 - 3318,63 - 2878,254 - \\ &\quad 303,27 \times 3,2 \\ &= 0 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Perhitungan Gaya Dalam

Momen maksimum

$$\begin{aligned} M_{\max} &= R_{va} \times 1,5 - R_a \times 0,05 - \frac{1}{2} \times q \times 1,5^2 \\ &= 3546,01 \times 1,5 - 3318,63 \times 0,05 - \frac{1}{2} \times 303,27 \times 1,5^2 \\ &= 4833,92 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Gaya geser

$$V_U = R_{vb} = 3560,69 \text{ kg}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

- Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{124}{2 \times 8} = 7,75$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Pelat badan :

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{248 - 2(12+8)}{5} = 41,6$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 305$$

$$= 762500 \text{ kg.cm}$$

$$= 7625 \text{ kg.m}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

$$\text{Jarak penahan lateral (Lb)} = 145 \text{ cm}$$

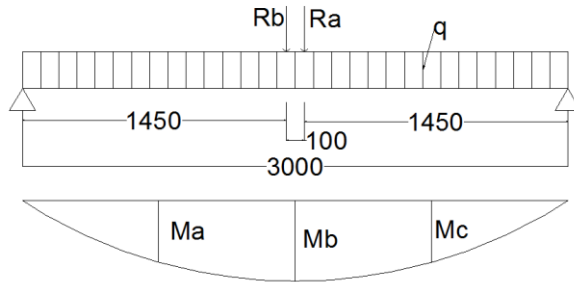
$$\left. \begin{array}{l} L_p = 138,88 \text{ cm} \\ L_r = 404,55 \text{ cm} \end{array} \right\} \text{ Dari Tabel (Lp \& Lr)}$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{Bentang Menengah}$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{Bentang Menengah}$$

Karena bentang menengah, maka:

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right] \leq M_p$$



Gambar 4. 23 Diagram Momen Balok Peggantung Tangga
(Sumber : Penulis)

$$\begin{aligned}
 M_A &= M_C \\
 &= R_{vb} \times (L/4) - \frac{1}{2} \times q \times (L/4)^2 \\
 &= 3560,69 \times 0,75 - \frac{1}{2} \times 303,27 \times 0,75^2 \\
 &= 2585,22 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_B &= M_{\text{Max}} \\
 &= 4833,92 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

$$Cb = \frac{12,5 \text{ } M_{\text{max}}}{2,5 \text{ } M_{\text{max}} + 3 \text{ } M_A + 4 \text{ } M_B + 3 \text{ } M_C} \leq 2,3$$

$$\begin{aligned}
 Cb &= \frac{12,5 \cdot 4833,92}{2,5 \cdot 4833,92 + 3 \cdot 2585,22 + 4 \cdot 4833,92 + 3 \cdot 2585,22} \leq 2,3 \\
 &= 1,29 \leq 2,3 \quad (\text{plastis})
 \end{aligned}$$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 305$$

$$= 762500 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= S_x \cdot (f_y - f_r) \\
 &= 285 \cdot (2500 - 700) = 513000 \text{ kg.cm} = 5130 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= Cb \left[M_r + (M_P - M_r) \frac{Lr - Lb}{Lr - Lp} \right] \\
 &= 1,29 \left[5130 + (7625 - 5130) \frac{404,55 - 145}{404,55 - 138,887} \right] \\
 &= 9741,947 \text{ kg.m} > M_p \rightarrow \text{Maka dipakai } M_p
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan Penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned}
 \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 7625 \text{ kg.m} \\
 &= 6862,5 \text{ kg.m} \geq 4833,92 \text{ kg.m (OK)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Geser

$$V_u = 3560,69 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \frac{208}{5} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$41,6 \leq 69,57 \rightarrow \text{Plastis}$$

$$\text{Maka, } V_n = 0,6 f_y A_w$$

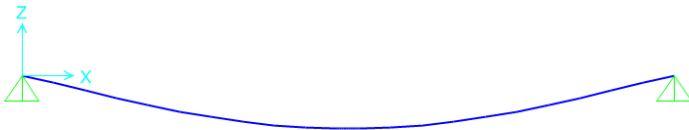
$$= 0,6 \times 2500 \times (24,8 \times 0,5) = 18600 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0,9 \cdot 18600 \text{ kg} \\
 &= 16740 \text{ kg} > 3560,69 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{300}{360} = 0,833$$



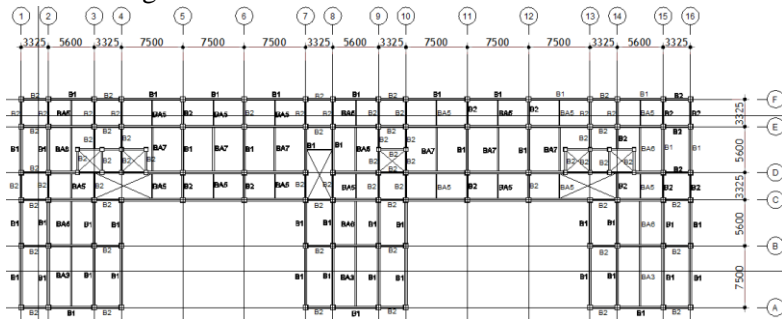
Gambar 4. 24 Analisa Lendutan Balok Penumpu Tangga
(Sumber : Penulis)

$$f^o = 0,589 \text{ cm (Hasil analisa SAP)}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,589 \text{ cm} < 0,833 \text{ cm (OK)}$$

4.2. Permodelan Struktur

Permodelan struktur atas pada tugas akhir ini menggunakan sistem *concentrically braced frames* (CBF). Sistem struktur CBF ini berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat gempa bumi. Struktur yang akan direncanakan merupakan bangunan apartemen 22 lantai, dengan denah rencana struktur adalah sebagai berikut:

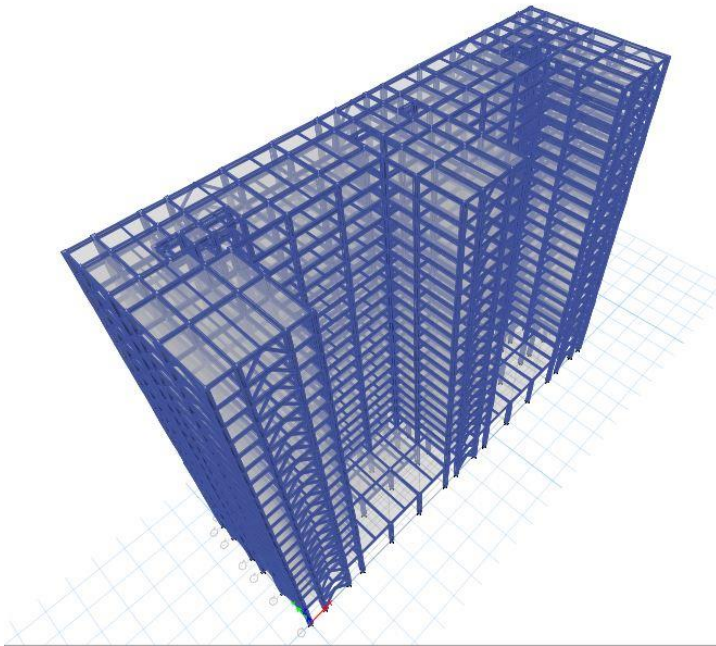


Gambar 4. 25 Denah Struktur Gedung Apartemen Grand Dhika City Jatiwarna
(Sumber : Penulis)

Pada gambar 4.25 arah vertikal mengikuti arah sumbu Y global (sumbu model) dan sumbu X adalah arah horizontal gambar. Sistem rangka baja yang direncanakan pada tugas akhir ini menggunakan Inverted V CBF yang dipasang pada bagian tertentu.

Permodelan struktur apartemen dilakukan menggunakan program bantu ETABS. Pada program ETABS, struktur apartemen akan dimodelkan sesuai dengan kondisi sesungguhnya, sehingga akan membantu dalam perencanaan agar memenuhi persyaratan yang berada di SNI-1729-2015 (Baja) dan SNI-1726-2012 (Gempa).

Berikut adalah permodelan yang dilakukan dalam program ETABS:



Gambar 4. 26 Permodelan Gedung Apartemen Grand Dhika
City Jatiwarna
(Sumber : Penulis)

4.2.1. Pembebanan Struktur Utama

Pembebanan struktur didasarkan pada SNI 1727-2013 dan dari brosur dengan rincian sebagai berikut:

1. Beban mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah seluruh bagian bangunan yang bersifat tetap dan tidak terpisahkan dari bangunan selama masa layannya.

Beban mati yang dihitung pada struktur ini antara lain:

- Berat beton yang memiliki berat jenis 2400 kg/m^3
- Berat pelat bondek $10,1 \text{ kg/m}^2$

- Berat profil baja yang terpasang sebagai rangka baja berupa balok, kolom, tangga, bressing dll memiliki berat jenis 7850 kg/m^3
- Berat dinding bata ringan hebel 100 kg/m^2
- Berat spesi sebesar 21 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm
- Berat keramik sebesar 24 kg/m^2 untuk setiap ketebalan 1 cm
- Berat plafond dan penggantung sebesar 18 kg/m^2
- Beban lift merupakan beban terpusat pada balok lantai teratas, dengan besar beban lift terlampir.

Dengan rincian pembebanan sebagai berikut :

a. Pelat Atap

Berat Pelat Bondek	$= 10,1 \text{ kg/m}^2$
Berat Beton $0,11 \times 2400$	$= 264 \text{ kg/m}^2$
Beban Spesi, $t = 2 \text{ cm} = 2 \times 21$	$= 42 \text{ kg/m}^2$
Beban rangka dan Plafon	$= 18 \text{ kg/m}^2$
Ducting Plumbing	$= 10 \text{ kg/m}^2$
	$= 344,1 \text{ kg/m}^2$

b. Pelat Lantai Gedung

Berat Pelat Bondek	$= 10,1 \text{ kg/m}^2$
Berat Beton $0,11 \times 2400$	$= 264 \text{ kg/m}^2$
Beban Spesi, $t = 2 \text{ cm} = 2 \times 21$	$= 42 \text{ kg/m}^2$
Beban Keramik, $t = 1 \text{ cm} = 1 \times 24$	$= 24 \text{ kg/m}^2$
Beban rangka dan Plafon $= (11+7)$	$= 18 \text{ kg/m}^2$
Ducting Plumbing	$= 10 \text{ kg/m}^2$
	$= 368,1 \text{ kg/m}^2$

2. Beban hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada bangunan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup sudah termasuk perlengkapan ruangan dan dinding pemisah ringan (dinding partisi) yang beratnya tidak melebihi 100 kg/m^2 . Beban hidup yang bekerja pada apartemen ini adalah sebagai berikut:

- Lantai atap $= 96 \text{ kg/m}^2$
- Lantai apartemen $= 192 \text{ kg/m}^2$ ^{2ia}

3. Beban gempa (*Earthquake Load*)

Berdasarkan wilayah gempa, kota Bekasi termasuk dalam wilayah gempa zona 4. Penentuan jenis tanah berdasarkan nilai SPT. Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik dan parameter gempa yang digunakan diambil dari desain Spectra Indonesia.

4.2.2. Berat Total Bangunan

Karena besarnya beban gempa sangat dipengaruhi oleh berat dari struktur bangunan, maka perlu diketahui berat total bangunan untuk menentukan gaya geser statik. Berat dari bangunan berasal dari beban mati yang terdiri dari berat sendiri material-material konstruksi dan elemen-elemen struktur, serta beban hidup yang diakibatkan oleh hunian atau penggunaan bangunan.

Pada perencanaan tugas akhir ini perhitungan berat struktur diambil dari analisis menggunakan program ETABS untuk kombinasi 1D +1L.

4.2.3. Kombinasi Pembebanan

Setelah memperhitungkan beban akibat gempa dan gravitasi, maka seluruh beban tersebut dihitung dengan faktor kombinasi yang mengacu pada SNI 1729-2015 sebagai berikut:

- 1,4 DL
- 1,2 DL + 1,6 LL
- 1,2 DL + 0,5 LL \pm 1E
- 0,9 DL \pm 1E

Keterangan :

DL : Beban mati

LL : Beban hidup

E : Beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

4.2.4. Pembebanan Gempa Dinamis

Perencanaan struktur Gedung Apartemen Grand Dhika City Jatiwarna ini terdiri dari 22 tingkat yang memiliki ketinggian total 70,2 m. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan

pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 1726-2012. Analisis dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

a. Faktor Keutamaan Gempa

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e . Gedung direncanakan sebagai bangunan Apartemen, pada tabel 3.1 bangunan termasuk kategori II sehingga pada Tabel 3.2 diperoleh nilai $I = 1$.

b. Kelas Situs

Salah satu persyaratan sebelum membangun sebuah bangunan adalah mengetahui jenis tanah di lokasi dimana akan didirikan bangunan. Salah satu cara mengetahui jenis tanah lokasi adalah dengan test penetrasi tanah (SPT). Berikut perhitungan N rata-rata untuk menentukan jenis tanah:

- $\tilde{N} \geq 50$ = Tanah Keras
 $15 \leq \tilde{N} < 50$ = Tanah Sedang
 $\tilde{N} < 15$ = Tanah Lunak

Tabel 4. 5 Tabel Perhitungan N Rata-Rata

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal	N	Tebal/ N
Lapisan 1	0	-	0	-
Lapisan 2	2	2	4	0.5
Lapisan 3	4	2	8	0.25
Lapisan 4	6	2	19	0.105
Lapisan 5	8	2	14	0,143
Lapisan 6	10	2	13	0,154

Lapisan 7	12	2	26	0,077
Lapisan 8	14	2	>50	0.04
Lapisan 9	16	2	>50	0.04
Lapisan 10	18	2	>50	0.04
Lapisan 11	20	2	>50	0.04
Lapisan 12	22	2	>50	0.04
Lapisan 13	24	2	>50	0.04
Lapisan 14	26	2	>50	0.04
Lapisan 15	28	2	>50	0.04
Lapisan 16	30	2	>50	0.04
Lapisan 17	32	2	>50	0.04
Lapisan 18	34	2	>50	0.04
Lapisan 19	36	2	>50	0.04
Lapisan 20	38	2	>50	0.04
Lapisan 21	40	2	>50	0.04
Total		40		1,789

$$\tilde{N} = \frac{40}{1,789} = 22,36$$

Dari perhitungan nilai N rata- rata diatas diperoleh jenis tanah kategori tanah sedang.

Ss, Gempa Maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian (MCE_R). Parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spektral 0,2 detik dalam g, (5% redaman kritis), Kelas situs SD. Dari Gambar 4.27 untuk daerah Bekasi didapatkan nilai $S_s = \mathbf{0.677}$ g.

S1, Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian (MCE_R) parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spektral 1 detik dalam g (5% redaman kritis), kelas situs SD. Dari Gambar 4.28 untuk wilayah Bekasi $S1 = 0,295$ g

d. Parameter Percepatan Spektral Desain

Tabel 4. 6 Koefisien Situs Fa

Klasifikasi Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa MCE _R pada periode pendek				
	<i>S_s</i> ≤ 0,25	<i>S_s</i> = 0,5	<i>S_s</i> = 0,75	<i>S_s</i> = 1,0	<i>S_s</i> ≥ 1,25
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
D	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
E	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
F	Lihat ketentuan pasal 6.10.1				
Catatan : Gunakan interpolasi linier untuk nilai-nilai antara <i>S_s</i>					

Tabel 4. 7 Koefisien Situs Fv

Klasifikasi Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa MCE_R pada periode 1 s				
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
A	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
D	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
E	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
F	Lihat ketentuan pasal 6.10.1				
Catatan : Gunakan interpolasi linier untuk nilai-nilai antara S_I					

Didapatkan parameter percepatan spectra desain untuk periode pendek 0.2 detik (S_{DS}) dan (S_{D1}) adalah sebagai berikut :

$$S_{MS} = Fa S_s = 1.258 \times 0.677 = 0.852$$

$$S_{M1} = F_v S_1 = 1,81 \times 0.295 = 0.534$$

Sehingga

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0.852 = 0.568$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0.534 = 0.356$$

Untuk perioda pendek 0.2 detik (S_s) sebesar 0,677 g dan parameter respon spektral percepatan gempa terpetakan untuk perioda 1 detik (S_1) sebesar 0,295 g dengan kelas situs SE didapatkan daerah Bekasi memiliki S_{DS} sebesar **0.568** dan S_{D1} sebesar **0.356**.

e. Kategori Desain Seismik

Tabel 4. 8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 4. 9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda 1 Detik

Nilai S_{D1}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Tabel 4. 10 Faktor R, Cd dan Ω_0 Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2	5	TB	TB	48	48	30

Berdasarkan Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 dengan nilai $S_{DS} = 0.568$, $S_{D1} = 0.356$ dan kategori resiko II, maka didapatkan kategori desain seismik D. Berdasarkan kategori desain seismik D maka ditentukan sistem struktur yang digunakan adalah Rangka baja dengan bresing konsentris khusus.

f. Respon Spektrum Desain

Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , Spektrum respons percepatan desain, S_a harus diambil dari persamaan :

$$S_a = S_{DS} \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right)$$

Untuk perioda lebih besar atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , Spektrum respons percepatan desain, S_a sama dengan S_{DS} .

$$S_a = S_{DS}$$

Untuk perioda lebih besar dari T_s , Spektrum respons percepatan desain, S_a diambil dari persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Dimana :

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.2 \times \frac{0.356}{0.568} = 0.125$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.356}{0.568} = 0.627$$

Keterangan :

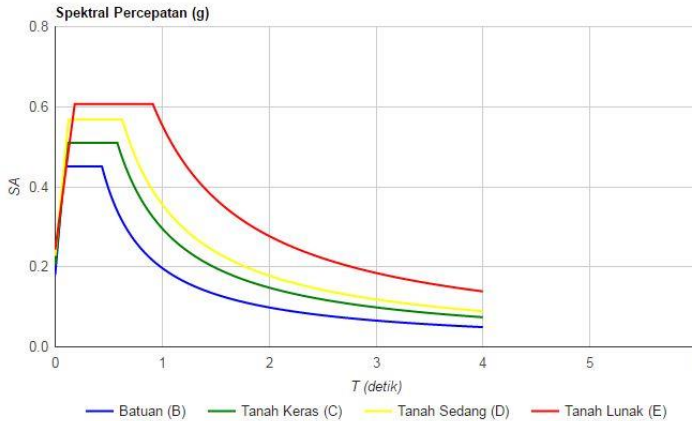
S_{DS} = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek.

S_{D1} = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik.

T = Periode getar fundamental struktur.

Tabel 4. 11 Parameter Respon Gempa Wilayah Bekasi
Untuk Tanah Sedang (D)

PGA (g)	0,355
S_s (g)	0,677
S_1 (g)	0,295
C_{RS}	0,997
C_{R1}	0,938
F_{PGA}	1,145
F_A	1,258
F_v	1,810
PSA (g)	0,406
S_{MS} (g)	0,852
S_{M1} (g)	0,534
S_{DS} (g)	0,568
S_{D1} (g)	0,356
T_0 (detik)	0,125
T_s (detik)	0,627



Gambar 4. 29 Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Bekasi

(Sumber : puskim.pu.go.id)

4.2.5. Permodelan Pelat Sebagai Diafragma

Menurut SNI 03-1726-2012 Pasal 7.3.1.2. Keberadaan pelat beton atau dek metal yang diberi penutup (*topping*) beton, pada saat menerima beban gempa dapat berfungsi sebagai penyalur beban gempa pada struktur primer atau dapat diidealisasikan sebagai diafragma kaku. Dalam permodelan dimodelkan sebagai thin membrane

4.2.6. Arah Pembebanan

Arah pembebanan gempa dalam kenyataannya adalah sembarang, sehingga pada umumnya selalu terdapat 2 komponen beban gempa dalam arah masing-masing sumbu koordinat ortogonal yang bekerja bersamaan pada struktur gedung. Kondisi ini disimulasikan dengan meninjau pembebanan gempa dalam suatu arah sumbu koordinat yang ditinjau 100%, yang bekerja bersamaan dengan pembebanan gempa dalam arah tegak lurus tetapi ditinjau 30%.

4.2.7. Analisis Struktur

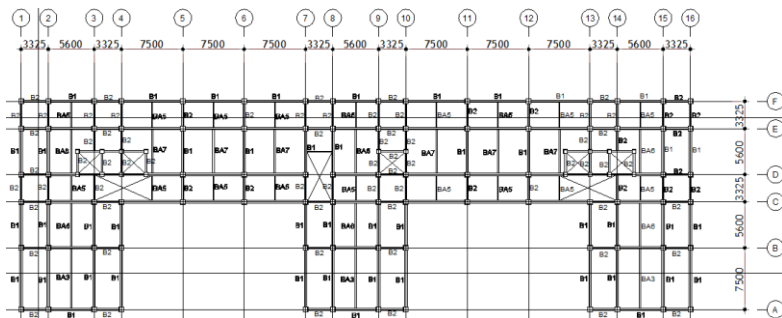
Hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan- batasan tertentu untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Kontrol- kontrol tersebut adalah sebagai berikut:

- Kontrol partisipasi massa
- Kontrol periode getar struktur
- Kontrol nilai akhir respon spektrum
- Kontrol batas simpangan (*drift*)

Sebelum melakukan kontrol- kontrol diatas, untuk membuktikan hasil permodelan struktur sesuai dengan keadaan sesungguhnya, maka dibutuhkan pemeriksaan secara manual. Pembuktian ini bisa dilakukan dengan cara membandingkan hasil analisa ETABS dengan hasil perhitungan manual ditinjau dengan kombinasi 1D+1L. Hasil perbandingan analisa dengan ETABS dengan perhitungan manual tidak boleh melebihi batasan 5%.

Dari hasil analisis struktur juga, dipilih gaya dalam maksimum yang terjadi pada masing- masing elemen struktur sebagai kontrol kapasitas penampang.

a. Kontrol Permodelan Struktur



Gambar 4. 30 Denah Gedung Yang Ditinjau
(Sumber : penulis)

Perhitungan beban mati dan beban hidup disajikan dalam bentuk tabel:

Tabel 4. 12 Perhitungan Beban

Keterangan	Berat	Jumlah	Panjang (m)	Luas (m ²)	Berat Total (kg)
Ql Lantai	192	20		1482.863	5694192
Ql Atap	96	1		1482.863	142354.8
Qd Lantai	368.1	20		1482.863	10916834
Qd Atap	344.1	1		1482.863	510253
Kolom 600x600	1324.298	84	24.5		2725404
Kolom 550x550	1024.082	84	21.4		1840889
Kolom 500x500	868.3616	84	24.3		1772500
Kolom Lift	868.3616	18	70.2		1097262
Kolom Lantai 3	868.3616	8	7.5		52101.7
Balok Anak 200x100x4.5x7	18.2	1	29.925		544.635
Balok Anak 250x125x6x9	29.6	1	33.6		994.56
Balok Anak 300x150x5.5x8	32	1	33.6		1075.2
Balok Anak 350x175x6x9	41.4	1	22.5		931.5

Balok Anak 200x100x5.5x8	21.3	20	29.925		12748.05
Balok Anak 300x150x6.5x9	36.7	20	33.6		24662.4
Balok Anak 350x175x6x9	41.4	20	33.6		27820.8
Balok Anak 400x200x8x13	66	20	22.5		29700
Balok Induk 500x300x11x15	114	21	479		1146726
Balok Induk 450x200x9x14	76	21	269.325		429842.7
Total					26426836

Dari hasil analisa ETABS diperoleh beban aksial sebesar 26325671,57 kg.

Load Case/Combo	FX kgf	FY kgf	FZ kgf
Dead	0	0	17318191.6
Live	0	0	5805943.58
Dead++	0	0	3201536.39
Gempa X Max	3044927.02	920862.93	0
Gempa Y Max	913819.96	3068412.31	0
1.2D + 1.6L	0	0	33913183.32
1.4D	0	0	28727619.18
1.2D + 0.5L + 1R...	3044927.02	920862.93	27526645.38
1.2D + 0.5L + 1R...	-3044927.02	-920862.93	27526645.38
1.2D + 0.5L + 1R...	913819.96	3068412.31	27526645.38
1.2D + 0.5L + 1R...	-913819.96	-3068412.31	27526645.38
1D	0	0	20519727.99
1D + 1L	0	0	26325671.57
0.9D + 1 RX Max	3044927.02	920862.93	18467755.19
0.9D + 1 RX Min	-3044927.02	-920862.93	18467755.19
0.9D + 1 Ry Max	913819.96	3068412.31	18467755.19
0.9D + 1 Ry Min	-913819.96	-3068412.31	18467755.19
1.2D + 0.5L	0	0	27526645.38

Gambar 4. 31 Hasil Output ETABS Base Reaction

(Sumber : penulis)

Selisih perhitungan antara perhitungan manual dan hasil ETABS adalah sebagai berikut:

$$26426836 \text{ kg} - 26325671,57 \text{ kg} = 101164,4 \text{ kg}$$

Sehingga diperoleh persentase:

$$\frac{101164,4}{26325671,57} \times 100 = 0,38 \% < 5\% (OK)$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh kesimpulan bahwa permodelan telah mendekati keadaan sesungguhnya.

b. Kontrol Partisipasi Massa

Untuk mendapatkan hasil analisis struktur yang baik, analisis yang dilakukan harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi minimal 90% dari massa aktual dari masing- masing arah horizontal orthogonal dari respon yang ditinjau ((SNI 1726-2012 pasal 7.9.1).

Pada perhitungan ini digunakan bantuan program ETABS untuk mendapatkan hasil partisipasi massa seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 13 Rasio Partisipasi Massa

Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
		sec			
Modal	1	2.174	0.00004005	0.7847	0
Modal	2	1.887	0.7625	0.7847	0
Modal	3	1.736	0.7895	0.7847	0
Modal	4	0.712	0.7895	0.8998	0
Modal	5	0.608	0.9034	0.8998	0
Modal	6	0.558	0.9051	0.8998	0

Modal	7	0.402	0.9051	0.9293	0
Modal	8	0.366	0.9051	0.9294	0
Modal	9	0.332	0.9366	0.9294	0
Modal	10	0.303	0.9369	0.9295	0
Modal	11	0.303	0.9369	0.9327	0
Modal	12	0.275	0.9369	0.945	0

Dari tabel di atas dapat dilihat partisipasi massa arah X sebesar 90% pada moda ke 5 dan partisipasi massa arah Y sebesar 93% pada moda ke 7 . Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI-03-1726-2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

c. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Perkiraan periode alami fundamental (T_a) dalam detik, harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$T_a = C_t \cdot h_n^x$ (nilai C_t dan x diambil dari tabel 15 SNI 03-1726-2012)

$$C_t = 0,0731$$

$$x = 0,75$$

$$h_n = 70.2$$

$$T_a = 0,0731 \cdot 70.2^{0,75} = 1,773 \text{ detik}$$

Dengan nilai $S_{D1} = 0,356$, maka $C_u = 1,4$

Sehingga periode sruktur yang diijinkan adalah :

$$T = T_a \cdot C_u = 1,773 \cdot 1,4 = 2,482 \text{ detik}$$

Tabel 4. 14 Periode dan Frekuensi Struktur

Case	Mode	Period	Frequency
		sec	cyc/sec
Modal	1	2.174	0.46
Modal	2	1.887	0.53
Modal	3	1.736	0.576
Modal	4	0.712	1.404
Modal	5	0.608	1.645
Modal	6	0.558	1.794
Modal	7	0.402	2.485
Modal	8	0.366	2.729
Modal	9	0.332	3.011
Modal	10	0.303	3.298
Modal	11	0.303	3.301
Modal	12	0.275	3.636

Dari tabel di atas didapat $T_c = 2,174$ s. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T masih lebih kecil dari $C_u \times T_a$. Jadi analisis struktur Apartemen Grand Dhika City Jatiwarna masih memenuhi syarat SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.2.

d. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Jika kombinasi respons untuk gaya geser dasar ragam dinamik (V_t) lebih kecil 85% dari gaya geser dasar statik (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya gempa harus dikalikan dengan $0,85V/V_t$ (SNI 1726-2012 Pasal 7.9.4.1)

Rumus geser statik adalah:

$$V = C_s \cdot W \quad (\text{SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1})$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I} = \frac{0,568}{6/1} = 0,095$$

Nilai tidak boleh lebih dari:

$$C_{s \max} = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,356}{2,482 \cdot \left(\frac{6}{1}\right)} = 0,024 < 0,095$$

(not OK)

Dan tidak boleh kurang dari:

$$\begin{aligned} C_{s \min} &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e > 0,01 \\ &= 0,044 \cdot 0,568 \cdot 1 \\ &= 0,024 < 0,095 \rightarrow (OK) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka: } C_{s \min} &< C_s > C_{s \max} \\ 0,024 &< 0,095 > 0,024 \end{aligned}$$

Maka yang dipakai $C_{s \max} = 0,024$

Jika nilai $S_1 \geq 0,6g$, maka nilai C_s diperoleh dengan menggunakan

$$\text{persamaan: } C_s = \frac{0,5 S_1}{(R/I)}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} S_1 &\geq 0,6g \\ 0,295 &< 5,886 \text{ (Rumus tidak dipakai)} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diperoleh $S_1 < 0,6g$, maka rumus diatas tidak digunakan, sehingga nilai C_s yang digunakan adalah $C_{s \min} = 0,024$

Dari analisis struktur yang sudah dilakukan, diperoleh berat total struktur gedung Apartemen Grand Dhika City adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 15 Reaksi Dasar Struktur

Load Case/Combo	FX	FY	FZ
	kgf	kgf	kgf
Dead	0	0	17318191.6
Live	0	0	5805943.58
Dead++	0	0	3201536.39
Gempa X Max	3044927.02	920862.93	0
Gempa Y Max	913819.96	3068412.31	0
1.2D + 1.6L	0	0	33913183.32
1.4D	0	0	28727619.18
1.2D + 0.5L + 1Rx Max	3044927.02	920862.93	27526645.38
1.2D + 0.5L + 1Rx Min	-3044927.02	-920862.93	27526645.38
1.2D + 0.5L + 1Ry Max	913819.96	3068412.31	27526645.38
1.2D + 0.5L + 1Ry Min	-913819.96	-3068412.31	27526645.38
1D	0	0	20519727.99
1D + 1L	0	0	26325671.57
0.9D + 1 RX Max	3044927.02	920862.93	18467755.19
0.9D + 1 RX Min	-3044927.02	-920862.93	18467755.19

0.9D + 1 Ry Max	913819.96	3068412.31	18467755.19
0.9D + 1 Ry Min	-913819.96	-3068412.31	18467755.19

Dari tabel di atas didapat berat total struktur adalah 26325671,57 kg. Maka :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{statik}} &= C_s \cdot W \\
 &= 0,024 \cdot 26325671,57 \text{ kg} \\
 &= 631816,1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program ETABS didapatkan nilai gaya geser lantai dasar (base shear) sebagai berikut :

Tabel 4. 16 Gaya Geser Lantai Dasar Akibat Beban Gempa

Beban Gempa	Global FX (kg)	Global FY (kg)
Gempa Arah X	3044927.02	920862.93
Gempa Arah Y	913819.96	3068412.31

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

- Arah-x :
 $V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$
 $3044927.02 \text{ kg} > 0,85 \cdot 631816,1 \text{ kg}$
 $3044927.02 \text{ kg} > 537043.7 \text{ kg} \quad (\text{OK})$
- Arah-y :
 $V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$
 $3068412.31 \text{ kg} > 0,85 \cdot 631816,1 \text{ kg}$
 $3068412.31 \text{ kg} > 537043.7 \text{ kg} \quad (\text{OK})$

Dari perhitungan diatas, diperoleh bahwa gaya geser dasar ragam (Vt) lebih besar dari gaya geser dasar (V) sehingga gaya geser tingkat nominal akibat gempa rencana struktur gedung hasil analisis tidak perlu diperbesar dan untuk analisis selanjutnya menggunakan analisis respons spektrum.

e. Kontrol Simpangan Antar Lantai (*Drift*)

Perhitungan simpangan antar lantai (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat diatasnya.

Δ_s dihitung sebagai selisih terbesar dari defleksi titik diatas dan dibawah tingkat yang letaknya segaris secara vertikal. Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \leq \Delta_a$$

Dimana:

δ_{xe} = defleksi pada lantai ke-x yang ditentukan dengan analisis elastis

C_d = faktor pembesaran defleksi (5)

I_e = faktor keutamaan gedung (1,0)

$\Delta_a = 0,020h_{sx}$

ρ = Faktor redudansi (1)

Tabel 4. 17 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat
Beban Gempa Arah X

Lantai	hi	Δx_e	Δx	Δa	$\Delta a/\rho$	$\Delta \leq \Delta a/\rho$
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Lantai 22	3300	5.3328	26.664	66	66	OK
Lantai 21	3000	5.295	26.475	60	60	OK
Lantai 20	3000	5.778	28.89	60	60	OK
Lantai 19	3000	6.324	31.62	60	60	OK
Lantai 18	3000	6.918	34.59	60	60	OK
Lantai 17	3000	7.524	37.62	60	60	OK
Lantai 16	3000	8.115	40.575	60	60	OK
Lantai 15	3000	8.709	43.545	60	60	OK
Lantai 14	3000	9.132	45.66	60	60	OK
Lantai 13	3000	9.597	47.985	60	60	OK
Lantai 12	3000	10.029	50.145	60	60	OK
Lantai 11	3000	10.437	52.185	60	60	OK
Lantai 10	3200	11.6032	58.016	64	64	OK
Lantai 9	3200	11.8368	59.184	64	64	OK
Lantai 8	3000	11.091	55.455	60	60	OK
Lantai 7	3000	11.025	55.125	60	60	OK

Lantai 6	3000	11.055	55.275	60	60	OK
Lantai 5	3000	11.094	55.47	60	60	OK
Lantai 4	3000	11.46	57.3	60	60	OK
Lantai 3	5000	18.7425	93.7125	100	100	OK
Lantai 2	3500	12.3445	61.7225	70	70	OK
Lantai 1	4000	8.212	41.06	80	80	OK
Lantai 0	0	0	0	0	0	OK

Tabel 4. 18 Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat
Beban Gempa Arah Y

Lantai	h _i	Δx_e	Δx	Δa	$\Delta a/p$	$\Delta \leq \Delta a/p$
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Lantai 22	3300	6.7155	33.5775	66	66	OK
Lantai 21	3000	7.032	35.16	60	60	OK
Lantai 20	3000	7.854	39.27	60	60	OK
Lantai 19	3000	8.706	43.53	60	60	OK
Lantai 18	3000	9.597	47.985	60	60	OK
Lantai 17	3000	10.485	52.425	60	60	OK
Lantai 16	3000	11.301	56.505	60	60	OK
Lantai 15	3000	10.045	50.225	60	60	OK

Lantai 14	3000	10.4875	52.4375	60	60	OK
Lantai 13	3000	10.97	54.85	60	60	OK
Lantai 12	3000	11.4275	57.1375	60	60	OK
Lantai 11	3000	11.8725	59.3625	60	60	OK
Lantai 10	3200	12.7946	63.973	64	64	OK
Lantai 9	3200	12.525	62.625	64	64	OK
Lantai 8	3000	11.5184	57.592	60	60	OK
Lantai 7	3000	11.9088	59.544	60	60	OK
Lantai 6	3000	11.9232	59.616	60	60	OK
Lantai 5	3000	11.9856	59.928	60	60	OK
Lantai 4	3000	11.9922	59.961	60	60	OK
Lantai 3	5000	19.334	96.67	100	100	OK
Lantai 2	3500	13.281	66.405	70	70	OK
Lantai 1	4000	9.99	49.95	80	80	OK
Lantai 0	0	0	0	0	0	OK

Dari hasil analisa tabel di atas maka analisis struktur memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

f. Kontrol Ketidakberaturan Torsi

Ketidakberaturan torsi yang terjadi pada struktur gedung diperbolehkan dengan syarat permodelan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.3.3.4. ketidakberaturan torsi dihitung menggunakan cara sebagai berikut:

$$A = \frac{x_{max}}{x_{avg}}$$

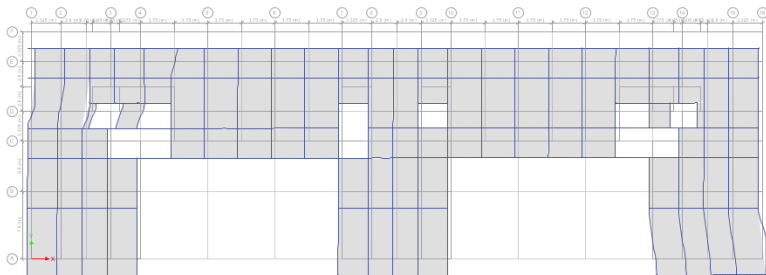
Di mana:

x_{max} = simpangan maksimum di lantai paling atas pada titik ujung gedung

x_{avg} = simpangan rata-rata dari ujung satu dan ujung lainnya pada lantai paling atas

dari permodelan ETABS saat terjadi gempa ke arah Y didapat nilai x_1 sebesar 262 mm dan x_2 sebesar 268 mm. sehingga didapat nilai A sebesar

$$A = \frac{268}{268 + 262/2} = 0,67 < 1,2$$



Gambar 4. 32 Defleksi akibat gempa arah Y

Maka dari hasil perhitungan di atas struktur tidak memiliki ketidakberaturan torsi sesuai pada SNI 1726:2012 tabel 10.

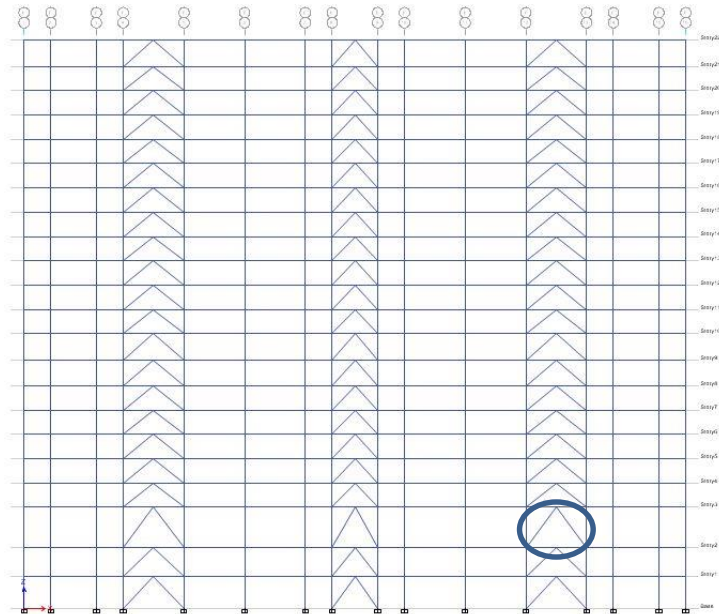
4.3. Perencanaan Elemen Struktur Primer

Setelah melakukan permodelan struktur 3 dimensi dengan menggunakan program bantu ETABS, elemen - elemen struktur akan dianalisa sesuai dengan ketentuan - ketentuan perencanaan struktur berdasarkan SNI 1729-2015.

4.3.1. Perencanaan Batang Bresing

a. Perencanaan Bresing arah Memanjang

Pada perhitungan arah x dipilih bresing yang menerima beban terbesar, yaitu pada lantai 2 pada elemen 4122



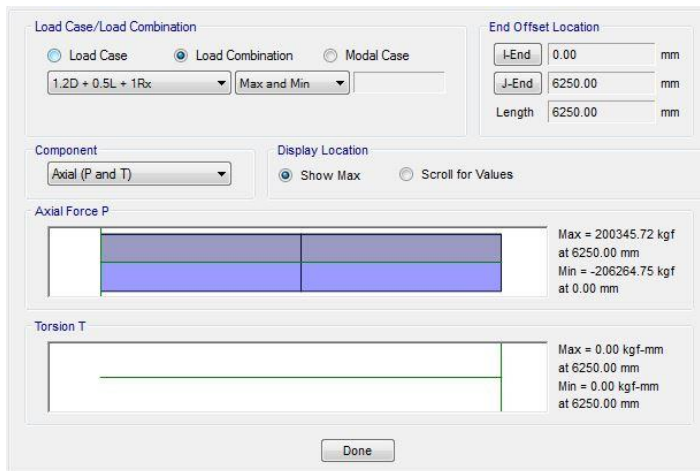
Gambar 4. 33 Elemen Arah X
(Sumber : penulis)

Pada *bresing* arah X direncanakan menggunakan profil WF 600 x 300 x 12 x 20 dengan data- data sebagai berikut:

d	= 588 mm	ix	= 24,8 cm
bf	= 300 mm	iy	= 6,85 cm
tf	= 20 mm	Zx	= 4309 cm ³
tw	= 12 mm	Zy	= 920 cm ³

$$\begin{array}{ll}
 A &= 192,5 \text{ cm}^2 & S_x &= 4020 \text{ cm}^3 \\
 q &= 151 \text{ kg/m} & S_y &= 601 \text{ cm}^3 \\
 I_x &= 118000 \text{ cm}^4 & r &= 28 \text{ cm} \\
 I_y &= 9020 \text{ cm}^4 & h &= d - 2(tf+r) \\
 F_y &= 250 \text{ Mpa (BJ-41)} & &= 492 \text{ mm}
 \end{array}$$

Hasil dari output ETABS, dengan kombinasi 1,2 D + 0,5 L + 1 Ey untuk bresing arah x diperoleh gaya dalam sebesar:



Gambar 4. 34 Gaya Tekan dan Tarik Bresing Arah X
(Sumber : penulis)

$$P_u = -206264,8 \text{ kg (tekan)}$$

$$P_u = 200345,7 \text{ kg (tarik)}$$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \cdot 20} = 7,5$$

$$\lambda_p = \frac{135}{\sqrt{fy}} = 8,54$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{492}{12} = 41$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}}$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak

- **Kontrol kuat tekan rencana**

direncanakan tumpuan sendi-sendi, $k_c = 1$

$$\frac{k_c \times L}{i} \leq \frac{2625}{\sqrt{fy}} \text{ dengan } L = 6,25 \text{ meter}$$

$$\frac{2625}{\sqrt{250}} = 166,02$$

$$\lambda_x = \frac{1 \times 6,25}{24,8} = 25,201$$

$$\lambda_y = \frac{1 \times 6,25}{6,85} = 91,241 \text{ (menentukan)}$$

$$\lambda = 91,241 < 166,02 \quad (\text{OK})$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{91,241}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{250}{200000}} = 1,027$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 1,027} = 1,57$$

- **Kekuatan Nominal**

$$N_n = A_g \times \frac{fy}{\omega} = 192,5 \times \frac{2500}{1,57} = 306933,2 \text{ kg}$$

- Kekuatan Rencana
 $\phi_c N_n = 0,85 \times 306933,2 \text{ kg} = 260893,3 \text{ kg}$
 $N_u \leq \phi_c N_n$
 $206264,8 \text{ kg} \leq 260893,3 \text{ kg (OK)}$

- **Kontrol kuat tarik rencana**

Brestring tarik

$$P_{max} = R_y \cdot F_y \cdot A_g$$

$$= 1,5 \cdot 2500 \cdot 192,5 = 721875 \text{ kg}$$

Kuat Rencana Leleh

$$\phi \cdot N_n = 0,90 \times f_y \times A_g = 433125 \text{ kg (menentukan)}$$

Kuat Rencana Putus

$$\phi \cdot N_n = 0,750 \times f_u \times A_e$$

Diameter baut = $22 + 1,5 = 23,5 \text{ mm}$ dan direncanakan terdapat 2 baris disetiap pelat badan dan sayap bresing sehingga,

Luas perlemahan

- Badan $= 2 \cdot d_b \cdot t_w$
 $= 2 \cdot 2,35 \cdot 1,25$
 $= 5,64 \text{ cm}^2$
- Sayap $= 4 \cdot d_b \cdot t_f$
 $= 4 \cdot 2,35 \cdot 2$
 $= 18,8 \text{ cm}^2$

$$A_n = 192,5 - (5,64 - 18,8) = 168,06 \text{ cm}^2$$

$$U = 1 - x/l, \text{ dimana } x = 7,29 \text{ mm dan } l = 35,25 \text{ cm}$$

$$= 1 - (0,729/35,25)$$

$$= 0,79 < 0,9$$

$$A_e = 0,79 \times 168,06$$

$$= 133,304 \text{ cm}^2$$

$$\phi N_n = 0,75 \times 4100 \times 133,304$$

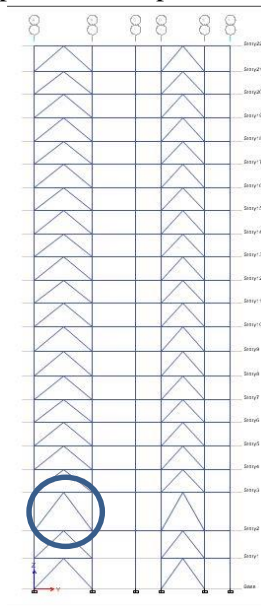
$$= 409909,1 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})$$

$$\text{Maka, } N_u \leq \phi N_n$$

$$200345,7 \text{ kg} \leq 409909,1 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

b. Perencanaan Bresing arah Melintang

Pada perhitungan arah y dipilih bresing yang menerima beban terbesar, yaitu pada lantai 2 pada elemen 20



Gambar 4. 35 Element Arah Y

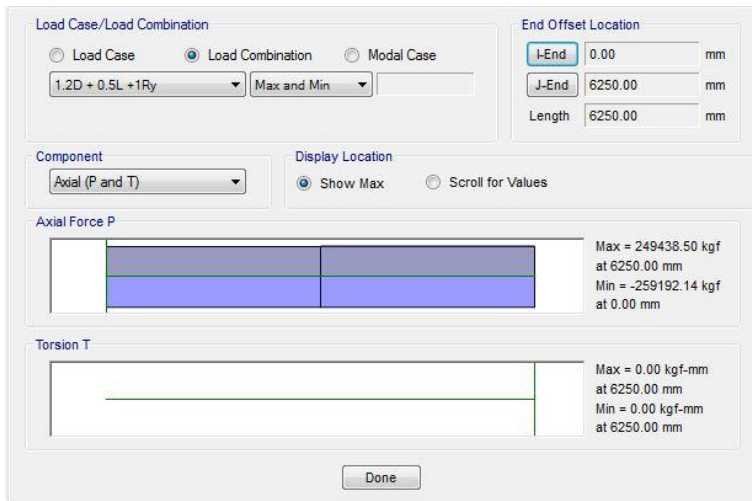
(Sumber : penulis)

Pada bresing arah Y direncanakan menggunakan profil WF 600 x 300 x 12 x 20 dengan data- data sebagai berikut:

$$\begin{array}{ll} d &= 588 \text{ mm} & i_x &= 24,8 \text{ cm} \\ b_f &= 300 \text{ mm} & i_y &= 6,85 \text{ cm} \end{array}$$

t_f	= 20 mm	Z_x	= 4309 cm ³
t_w	= 12 mm	Z_y	= 920 cm ³
A	= 192,5 cm ²	S_x	= 4020 cm ³
q	= 151 kg/m	S_y	= 601 cm ³
I_x	= 118000 cm ⁴	r	= 28 cm
I_y	= 9020 cm ⁴	h	= $d - 2(t_f + r)$
F_y	= 250 Mpa (BJ-41)		= 492 mm

Hasil dari output ETABS, dengan kombinasi 1,2 D + 0,5 L + 1 Ey untuk bresing arah x diperoleh gaya dalam sebesar:



Gambar 4. 36 Gaya Tekan dan Tarik *Bresing* Arah Y

(Sumber : penulis)

$$P_u = -259192,14 \text{ kg (tekan)}$$

$$P_u = 249438,5 \text{ kg (tarik)}$$

- Kontrol penampang Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2t_f} = \frac{300}{2 \cdot 20} = 7,5$$

$$\lambda_p = \frac{135}{\sqrt{fy}} = 8,54$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{492}{12} = 41$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}}$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ Penampang Kompak

- **Kontrol kuat tekan rencana**

direncanakan tumpuan sendi-sendi, $k_c = 1$

$$\frac{k_c \times L}{i} \leq \frac{2625}{\sqrt{fy}} \text{ dengan } L = 6,25 \text{ meter}$$

$$\frac{2625}{\sqrt{250}} = 166,02$$

$$\lambda_x = \frac{1 \times 6,25}{24,8} = 25,201$$

$$\lambda_y = \frac{1 \times 6,25}{6,85} = 91,241 \text{ (menentukan)}$$

$$\lambda = 91,241 < 166,02 \quad (\text{OK})$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{91,241}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{250}{200000}} = 1,027$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 1,027} = 1,57$$

- **Kekuatan Nominal**

$$N_n = A_g \times \frac{fy}{\omega} = 192,5 \times \frac{2500}{1,57} = 306933,2 \text{ kg}$$

- Kekuatan Rencana
 $\phi_c N_n = 0,85 \times 306933,2 \text{ kg} = 260893,3 \text{ kg}$
 $N_u \leq \phi_c N_n$
 $259192,14 \text{ kg} \leq 260893,3 \text{ kg (OK)}$

- **Kontrol kuat tarik rencana**

Brestring tarik

$$P_{max} = R_y \cdot F_y \cdot A_g$$

$$= 1,5 \cdot 2500 \cdot 192,5 = 721875 \text{ kg}$$

Kuat Rencana Leleh

$$\phi \cdot N_n = 0,90 \times f_y \times A_g = 433125 \text{ kg}$$

Kuat Rencana Putus

$$\phi \cdot N_n = 0,750 \times f_u \times A_e$$

Diameter baut = $22 + 1,5 = 23,5 \text{ mm}$ dan direncanakan terdapat 2 baris disetiap pelat badan dan sayap bresing sehingga,

Luas perlemahan

- Badan $= 2 \cdot d_b \cdot t_w$
 $= 2 \cdot 2,35 \cdot 1,25$
 $= 5,64 \text{ cm}^2$
- Sayap $= 4 \cdot d_b \cdot t_f$
 $= 4 \cdot 2,35 \cdot 2$
 $= 18,8 \text{ cm}^2$

$$A_n = 192,5 - (5,64 - 18,8) = 168,06 \text{ cm}^2$$

$$U = 1 - x/l, \text{ dimana } x = 7,29 \text{ mm dan } l = 35,25 \text{ cm}$$

$$= 1 - (0,729/35,25)$$

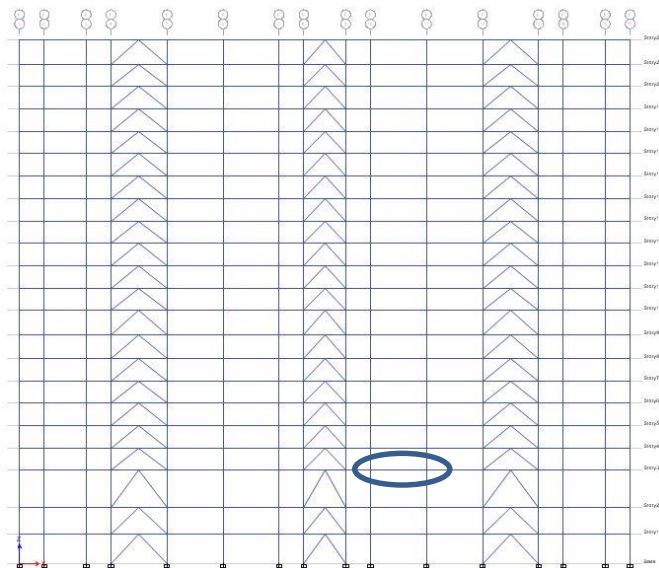
$$= 0,79 < 0,9$$

$$A_e = 0,79 \times 168,06$$

$$\begin{aligned}
 &= 133,304 \text{ cm}^2 \\
 \phi N_n &= 0,75 \times 4100 \times 133,304 \\
 &= 409909,1 \text{ kg} \quad (\text{menentukan}) \\
 \text{Maka, } N_u &\leq \phi N_n \\
 249438,5 \text{ kg} &\leq 409909,1 \text{ kg} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

4.3.2. Perencanaan Balok Induk

a. Balok Induk Arah Memanjang



Gambar 4. 37 Element Balok yang Ditinjau Arah X

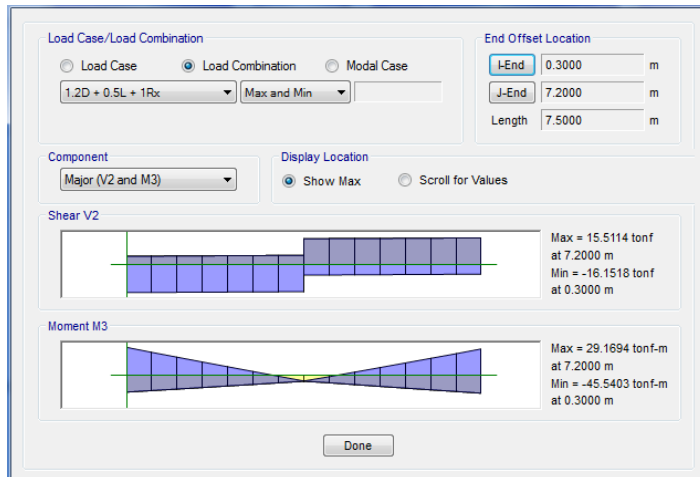
(Sumber : penulis)

Balok memanjang arah X direncanakan menggunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 15, dengan data- data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 d &= 482 \text{ mm} & i_x &= 20,4 \text{ cm} \\
 bf &= 300 \text{ mm} & i_y &= 6,82 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

t_f	= 15 mm	Z_x	= 2663 cm ³
t_w	= 11 mm	Z_y	= 689 cm ³
A	= 145,5 cm ²	S_x	= 2500 cm ³
q	= 114 kg/m	S_y	= 451 cm ³
I_x	= 60400 cm ⁴	r	= 26 cm
I_y	= 6760 cm ⁴	h	= $d - 2(t_f + r)$
F_y	= 250 Mpa (BJ-41)		= 400 mm

Hasil dari output ETABS, dengan kombinasi 1,2 D + 1,6 L + 1 Ex untuk perencanaan balok arah memanjang (arah x), diambil gaya dalam balok terbesar pada frame object 1386, diperoleh gaya dalam sebesar:



Gambar 4. 38 Gaya Dalam Balok Arah X
(Sumber : penulis)

$\mu_{u \text{ Max}} = 45540,3 \text{ kgm}$

$V_{u \text{ Max}} = 16151,8 \text{ kg}$

- Kontrol penampang
- Tekuk Lokal
- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \cdot 15} = 10$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{fy}} = 10,75$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ *Penampang Kompak*

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{400}{11} = 36,36$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = 106,25$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$ *Penampang Kompak*

Tekuk Lateral

$L_b = 375$ cm (jarak antar balok anak)

$L_p = 339,502$ cm

$L_r = 980,654$ cm

$L_p < L_b < L_r \rightarrow$ Bentang Menengah

Karena bentang menengah, maka:

$$M_n = Cb \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right] \leq M_p$$

Dari hasil perhitungan ETABS didapatkan,

$$\begin{aligned} M_A &= M_C \\ &= 20295,6 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_B = 9621,1 \text{ kgm}$$

$$M_{\max} = 45540,3 \text{ kgm}$$

$$Cb = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3$$

$$Cb = \frac{12,5 \cdot 45540,3}{2,5 \cdot 45540,3 + 3 \cdot 20295,6 + 4 \cdot 9621,1 + 3 \cdot 20295,6} \leq 2,3$$

$$= 2,077 \leq 2,3 \text{ (plastis)}$$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 2663$$

$$= 6657500 \text{ kg.cm} = 66575 \text{ kgm}$$

$$M_r = S_x \cdot (f_y - f_r)$$

$$= 2500 \cdot (2500 - 700) = 4793400 \text{ kg.cm} = 47934 \text{ kg.m}$$

$$M_n = Cb \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right]$$

$$= 2,07 \left[47934 + (66575 - 47934) \frac{980,65 - 375}{980,65 - 339,502} \right]$$

$$= 136115,9 \text{ kg.m} > M_p \rightarrow \text{Maka dipakai } M_p$$

Cek kemampuan Penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 66575 \text{ kg.m}$$

$$= 59917,5 \text{ kg.m} \geq 4742,456 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kapasitas momen penampang

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 2663 \times 2500 = 6657500 \text{ kgcm}$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 6657500 \text{ kgcm}$$

$$= 5991750 \text{ kgcm}$$

$$= 59917,5 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang terhadap momen

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$59917,5 \text{ kgm} \geq 49564,896 \text{ kgm} \quad (\text{OK})$$

- Kontrol penampang akibat geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{400}{11} = 36,36; \frac{1100}{\sqrt{f_y}} = 69,57$$

$$\frac{h}{tw} < \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{maka, } V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \\
 &= 0,6 \times 2500 \times (40 \times 1,1) \\
 &= 66000 \text{ kg} \\
 \phi V_n &= 0,9 \times 66000 \text{ kg} \\
 &= 59400 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &\geq V_u \\
 59400 \text{ kg} &\geq 16151,8 \text{ kg} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

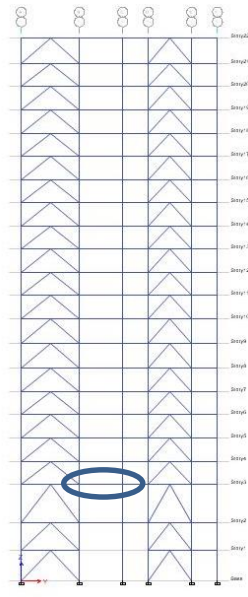
- Kontrol penampang akibat lendutan

$$\text{Lendutan Izin} = \frac{l}{360} = \frac{750}{360} = 2,083 \text{ cm}$$

Hasil cek lendutan pada ETABS = 0,277 cm

$$0,277 \text{ cm} \leq 2,083 \quad (\text{OK})$$

b. Balok Induk Arah Melintang

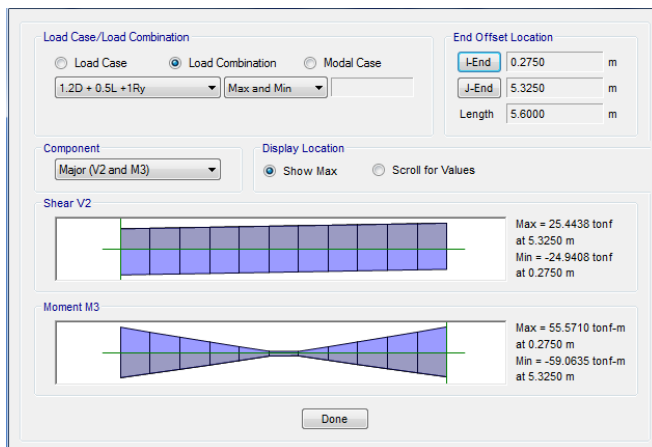


Gambar 4. 39 Element Balok yang Ditinjau Arah
(Sumber : penulis)

Balok memanjang arah Y direncanakan menggunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 15, dengan data- data sebagai berikut:

d	= 482 mm	ix	= 20,4 cm
bf	= 300 mm	iy	= 6,82 cm
tf	= 15 mm	Zx	= 2663 cm ³
tw	= 11 mm	Zy	= 689 cm ³
A	= 145,5 cm ²	Sx	= 2500 cm ³
q	= 114 kg/m	Sy	= 451 cm ³
Ix	= 60400 cm ⁴	r	= 26 cm
Iy	= 6760 cm ⁴	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 400 mm

Hasil dari output ETABS, dengan kombinasi 1,2 D + 1,6 L + 1 Ey untuk perencanaan balok arah memanjang (arah y) , diambil gaya dalam balok terbesar pada frame object 410, diperoleh gaya dalam sebesar:



Gambar 4. 40 Gaya Dalam Balok Arah Y
(Sumber : penulis)

$$\text{Mu Max} = 59063,46 \text{ kgm}$$

$$\text{Vu Max} = 25443,78 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang

Tekuk Lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \cdot 15} = 10$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{fy}} = 10,75$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{400}{11} = 36,36$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = 106,25$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Tekuk Lateral

$$L_b = 560 \text{ cm}$$

$$L_p = 339,502 \text{ cm}$$

$$L_r = 980,654 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{Bentang Menengah}$$

Karena bentang menengah, maka:

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right] \leq M_p$$

Dari hasil perhitungan ETABS didapatkan,

$$\begin{aligned} M_A &= M_C \\ &= 32404,5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_B = 6589,8 \text{ kgm}$$

$$M_{\max} = 59063,46 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 59063,46}{2,5 \cdot 59063,46 + 3 \cdot 32404,5 + 4 \cdot 6589,8 + 3 \cdot 32404,5} \leq 2,3$$

$$= 1,94 \leq 2,3 \quad (\text{plastis})$$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 2663$$

$$= 6657500 \text{ kg.cm} = 66575 \text{ kgm}$$

$$M_r = S_x \cdot (f_y - f_r)$$

$$= 2500 \cdot (2500 - 700) = 4793400 \text{ kg.cm} = 47934 \text{ kg.m}$$

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right]$$

$$= 1,94 \left[47934 + (66575 - 47934) \frac{980,65 - 560}{980,65 - 339,502} \right]$$

$$= 116518,8 \text{ kg.m} > M_p \rightarrow \text{Maka dipakai } M_p$$

Cek kemampuan Penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 66575 \text{ kg.m}$$

$$= 59917,5 \text{ kg.m} \geq 59063,46 \text{ kg.m} \quad (\text{OK})$$

- Kapasitas momen penampang

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot f_y$$

$$= 2663 \times 2500 = 6657500 \text{ kgcm}$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 6657500 \text{ kgcm}$$

$$= 5991750 \text{ kgcm}$$

$$= 59917,5 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang terhadap momen

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$59917,5 \text{ kgm} \geq 59063,466 \text{ kgm} \quad (\text{OK})$$

- Kontrol penampang akibat geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{400}{11} = 36,36; \frac{1100}{\sqrt{fy}} = 69,57$$

$$\frac{h}{tw} < \frac{1100}{\sqrt{fy}}$$

$$\begin{aligned} \text{maka, } V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (40 \times 1,1) \\ &= 66000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \times 66000 \text{ kg} \\ &= 59400 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &\geq V_u \\ 59400 \text{ kg} &\geq 25443,78 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

- Kontrol penampang akibat lendutan

$$\text{Lendutan Izin} = \frac{l}{360} = \frac{560}{360} = 1,555 \text{ cm}$$

Hasil cek lendutan pada ETABS = 0,03 cm

$$0,03 \text{ cm} \leq 1,555 \quad (\text{OK})$$

4.3.3. Perencanaan Kolom

Pada perencanaan kolom, direncanakan menggunakan Kolom CFT(Concrete Filled Steel Tube) dengan ukuran 600x600 untuk lantai 1 sampai dengan 7, ukuran 550x550 untuk lantai 8 sampai dengan 14, dan ukuran 500x500 untuk lantai 15 sampai dengan 22.

Pada lantai 1, panjang kolom adalah 400 cm dan berikut data- data profil yang digunakan:

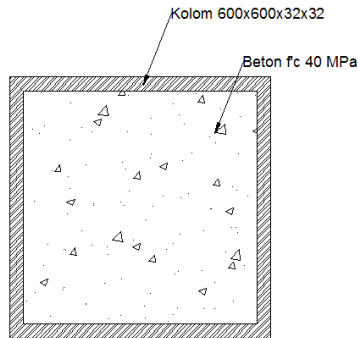
H	= 600 mm	ix	= 20,99 cm
B	= 600 mm	iy	= 20,99 cm
tf	= 32 mm	Zx	= 20287,989 cm ³
tw	= 32 mm	Zy	= 20287,989 cm ³
As	= 701 cm ²	f ['] c	= 40 Mpa
Ac	= 3226,24 cm ²	Ix	= 477678,741 cm ⁴
		Iy	= 477678,741 cm ⁴

Hasil dari output ETABS diperoleh gaya- gaya yang bekerja pada kolom paling maximum sebagai berikut:

- Frame 11219 dengan kombinasi 1,2 D + 0,5L + 1 Ey menghasilkan gaya dalam dengan Pu maksimum.
 Pu = 1448080 kg
 Mux 1 = 2847,61 kgm
 Mux 2 = 157331,5 kgm
 Muy 1 = 12554 kgm
 Muy 2 = 23562,2 kgm
- Frame 11135 dengan kombinasi 1,2 D + 0,5 L + 1 Ey menghasilkan gaya dalam dengan Mux maksimum.
 Pu = 1110700 kg
 Mux 1 = 3027,36 kgm
 Mux 2 = 159151,9 kgm
 Muy 1 = 12141 kgm
 Muy 2 = 22319,8 kgm
- Frame 11226 dengan kombinasi 1,2 D + 0,5 L + 1 Ex menghasilkan gaya dalam dengan Muy maksimum.
 Pu = 1032690 kg
 Mux 1 = 16158,6 kgm
 Mux 2 = 34487,4 kgm
 Muy 1 = 2909,56 kgm
 Muy 2 = 120570,7 kgm

Bahan :

BJ 41 : $F_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$
 $F_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$



Gambar 4. 41 Kolom CFT HSS 600.600.15.15

(Sumber : penulis)

- Kuat nominal tekan kolom komposit
 - Kontrol luas penampang minimum profil baja:

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% = \frac{701}{3226,24 + 701} \times 100\% = 17,85\% \geq 4\% \quad (OK)$$
 - Kontrol tebal minimum penampang persegi

$$t_{min} = \frac{b \times \sqrt{f_y}}{\sqrt{3E}} = \frac{600 \times \sqrt{250}}{\sqrt{3 \times 2 \times 10^5}} = 12,25 \text{ mm} \leq 15 \text{ mm} \quad (OK)$$
 - Kuat nominal tekan kolom komposit

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{600}{2 \cdot 32} = 9,375$$

$$\lambda_p = \frac{2,26x\sqrt{E}}{\sqrt{f_y}} = 63,92$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut:

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = f_y A_s + C_2 f'_c \left(A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

$$P_p = 2500 \cdot 701 + 0,85 \times 400 \times (3226,24 + 0)$$

$$P_p = P_{no} = 2849421,6 \text{ kg}$$

- Momen nominal Kolom

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{600}{2 \cdot 32} = 9,375$$

$$\lambda_p = \frac{1,12x\sqrt{E}}{\sqrt{f_y}} = 31,68$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \cdot F_y = 2500 \times 20287,989 \\ &= 507199,73 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_u \leq M_p$$

$$21579,53 \text{ kgm} \leq 34873984,375 \text{ kgm}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang = $d_{kolom} - d_{balok}$

$$L_b = 400 - 48,2 = 358,8 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \times \frac{\sqrt{E}}{\sqrt{F_y}} = 1044,89 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p \rightarrow \text{Bentang pendek (} M_n = M_p \text{)}$$

$$M_n = M_p = Z_x \cdot F_y$$

$$= 20287,989 \times 2500$$

$$= 507199,73 \text{ kgm}$$

- Kekuatan lentur dan Axial Orde Kedua
Momen lentur dan axial terfaktor arah X dan Y ditentukan berdasarkan persamaan berikut

$$M_r = B_1 M_{ni} + B_2 M_i \quad (\text{SNI 1729:2015 A-8-1})$$

$$P_r = B_1 P_{nt} + B_2 P_t \quad (\text{SNI 1729:2015 A-8-2})$$

Dengan,

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - a P_r / P_{el}} > 1,00$$

$$P_{el} = \frac{\pi^2 x E x I}{(KL)^2}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{a \cdot P_{story}}{P_{eStory}}}$$

$$P_{eStory} = \frac{R_m \cdot H \cdot L}{\Delta H}$$

Keterangan

Mr	= Kekuatan lentur orde kedua dari kombinasi beban DFBK (Desain Faktor Beban dan Ketahanan) atau DKI (Desain Kemampuan Ijin)
B1	= Pengali untuk menghitung P-δ arah tekan lentur
B2	= Pengali untuk menghitung P-δ arah Translasi
Mlt	= Momen orde pertama akibat hanya translasi lateral struktur
Mnt	= Momen orde pertama akibat DFBK atau DKI
Plt	= Aksial orde pertama akibat hanya translasi lateral struktur

Pnt	= Aksial orde pertama akibat DFBK atau DKI
Pr	= Kekuatan aksial orde kedua dari kombinasi beban DFBK atau DKI
Cm	= Koefisien dengan asumsi tanpa translasi lateral
Pe1	= Tekuk kritis elastis komponen struktur tanpa translasi lateral pada ujung komponen struktur
K1	= Faktor panjang efektif (1,0)
a	= 1,0 (DFBK) ; 1,6 (DKI)
Pstory	= Beban vertical total didukung tingkat dengan kombinasi DFBK atau DKI
P _{estory}	= Kekuatan tekuk kritis elastis
P _{mf}	= Beban vertical total kolom untuk rangka pemikul momen, bernilai 0 untuk angka berbrising
Rm	$= 1 - 0,15 \frac{P_{mf}}{P_{story}}$

Kontrol Frame 11219

- Arah Sumbu X :
 - Kontrol Momen terhadap beban gravitasi 1,2D + 0,5 L
- Dari ETABS diperoleh output sebagai berikut:
- | | |
|-------|----------------|
| Mux 1 | = 2847,61 kgm |
| Mux 2 | = 157331,5 kgm |
| Mntx | = 876,125 kgm |
| Mltx | = 156455,4 kgm |

$$Cm = 0,6 - 0,4 \left(\frac{2847,61}{157331,5} \right) = 0,593$$

$$Pel = \frac{(3,14)^2 \times 2 \times 10^6 \times 477678,741}{(1 \times 400)^2} = 58931252,6 \text{ kg}$$

$$B1 = \frac{0,593}{1 - \frac{2849421,6}{58931252,6}} \geq 1$$

$$B1 = 0,63 < 1 \quad \text{maka dipakai } 1$$

- Kontrol Momen terhadap beban lateral Ey
Dari ETABS diperoleh output sebagai berikut:

$$P_{\text{story}} = 51372100 \text{ kg}$$

$$P_{\text{estory}} = 1045644904 \text{ kg}$$

$$B2 = \frac{1}{1 - \frac{51372100}{1045644904}} \geq 1$$

$$B2 = 1,05 \geq 1$$

- Momen terfaktor terhadap sumbu X

$$\begin{aligned} Mrx &= (1,0 \times 876,125) + (1,05 \times 156455,4) \\ &= 165415,265 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Arah Sumbu Y :

- Kontrol Momen terhadap beban gravitasi 1,2D + 0,5 L

Dari ETABS diperoleh output sebagai berikut:

$$M_{uy1} = 12554 \text{ kgm}$$

$$M_{uy2} = 23562,2 \text{ kgm}$$

$$M_{nty} = 45,814 \text{ kgm}$$

$$M_{lty} = 23608 \text{ kgm}$$

$$Cm = 0,6 - 0,4 \left(\frac{12554}{23562,2} \right) = 0,387$$

$$P_{el} = \frac{(3,14)^2 \times 2 \times 10^6 \times 477678,741}{(1 \times 400)^2} = 58931252,6 \text{ kg}$$

$$B1 = \frac{0,387}{1 - \frac{2849421,6}{58931252,6}} \geq 1$$

$$B1 = 0,41 < 1 \quad \text{maka dipakai } 1$$

- Kontrol Momen terhadap beban lateral Ey

Dari ETABS diperoleh output sebagai berikut:

$$P_{\text{story}} = 51372100 \text{ kg}$$

$$P_{\text{estory}} = 835785185 \text{ kg}$$

$$B2 = \frac{1}{1 - \frac{51372100}{835785185}} \geq 1$$

$$B2 = 1,06 \geq 1$$

- Momen terfaktor terhadap sumbu Y

$$\begin{aligned} M_{ry} &= (1,0 \times 45,814) + (1,06 \times 23608) \\ &= 25199,93 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Kuat Aksial Orde Kedua

Dari hasil ETABS didapat data berikut:

$$P_{nt} = 233845.2 \text{ kg}$$

$$P_{lt} = 1214233 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} P_r &= 1 \times 233845.2 + 1,06 \times 1214233 \\ &= 1527599,69 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_n = 2849421,6 \text{ kg}$$

$$\frac{P_r}{\phi P_n} = \frac{1527599,69}{0,9 \times 2849421,6} = 0,596 \geq 0,2$$

digunakan rumus interaksi sebagai berikut :

$$\frac{P_r}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{1527599,69}{0,9 \times 2849421,6} + \frac{8}{9} \left(\frac{165415,265}{507199,73 \cdot 0,9} + \frac{25199,93}{507199,73 \cdot 0,9} \right)$$

$$0,967 < 1.00$$

Hasil Kontrol Persamaan Interaksi diperoleh $0,967 \leq 1.00$,
maka kolom dapat dipakai.

Tabel 4. 19 Rekapitulasi Kontrol Kolom

Ukuran Kolom	Panjang Kolom (m)	Kombinasi dengan	Pn (kgm)	Mn (kgm)	B 1	B2	Mrx (kgm)	Mry (kgm)	Pr	Persamaan Interaksi	Kontrol
600x600x32	400	Pu max	2849421.6	507199.7	1	1.07	165415.3	25199.93	1527600	0.97	OK
		Mux max	2849421.6	507199.7	1	1.07	167372.1	23768.56	1167587	0.83	OK
		Muy max	2849421.6	507199.7	1	1.22	34959.84	147521.5	1199510	0.82	OK
550x550x22	300	Pu max	2077865.6	330785.6	1	3.33	19125.43	26737.84	1429533	0.90	OK
		Mux max	2077865.6	330785.6	1	3.33	99001.02	16318.58	171489.9	0.44	OK
		Muy max	2077865.6	330785.6	1	1.18	8366.302	47762.44	186558.6	0.27	OK
500x500x22	300	Pu max	1796845.6	262300.8	1	2.93	40895.54	29466.59	705355.5	0.70	OK
		Mux max	1796845.6	262300.8	1	1.40	47236.65	5646.375	162798.6	0.30	OK
		Muy max	1796845.6	262300.8	1	1.18	13537.51	50822.99	211713.5	0.37	OK

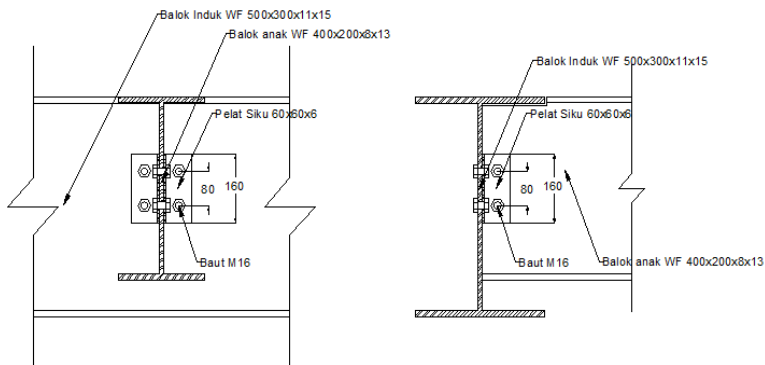
4.4. Perencanaan Sambungan

4.4.1. Sambungan Balok Anak Lantai Gedung dengan Balok Induk

Sambungan antara balok anak lantai Apartemen Grand Dhika City Jatiwarna dan balok induk direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dalam perencanaan, digunakan beberapa macam ukuran balok anak berdasarkan panjang dan jarak antar balok. Rekapitulasi ukuran balok anak lantai gedung dapat dilihat pada tabel 4.4.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 8160,66 kg, dengan dimensi balok anak WF 400x200x8x13 dan balok induk WF 500x300x11x15. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60 x 60 x 6.



Gambar 4. 42 Detail Sambungan Balok Anak Lantai
(Sumber : penulis)

- Sambungan Pada Badan Balok Anak:
Direncanakan menggunakan baut M16 dengan diameter baut = 16 mm ($A_b = 2,01 \text{ cm}^2$) dan mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$).
Ulir tidak pada bidang geser sehingga $r_1 = 0,5$.

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\emptyset.V_n &= \emptyset \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot 2 \cdot 2,01 \\ &= 12440,71 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.R_n &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 0,8 \cdot 4100 \\ &= 9446,4 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})\end{aligned}$$

$$n = \frac{V_u}{\emptyset.R_n} = \frac{8160,66}{9446,4} = 0,86 \text{ bh} \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 16 mm

- Sambungan Pada Badan Balok Induk:

Direncanakan menggunakan baut M16 dengan diameter baut = 16 mm ($A_b = 2,01 \text{ cm}^2$) dan mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$). Ulir tidak pada bidang geser sehingga $r_1 = 0,5$.

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\emptyset.V_n &= \emptyset \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot 2 \cdot 2,01 \\ &= 12440,71 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})\end{aligned}$$

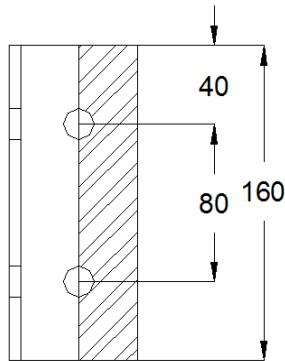
- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.R_n &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 1,1 \cdot 4100 \\ &= 12988,8 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{V_u}{\phi \cdot R_n} = \frac{8160,66 \times 2}{12988,8} = 1,3 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 16 mm

- Kontrol kekuatan siku penyambung
Direncanakan menggunakan siku penyambung dengan ukuran 60 x 60 x 6 dengan mutu baja BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$).
 ϕ lubang = 16mm + 1,5 mm (lubang dibuat dengan bor)
= 17,5 mm = 1,75 cm



Gambar 4. 43 Detail Pelat Siku Pada Gelagar
(Sumber : penulis)

Luas bidang geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (16 - 2 \times 1,75) \times 0,6 = 7,50 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 7,5 = 13837,5 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Terdapat 2 siku, sehingga

$$2\phi R_n = 2 \times 13837,5 = 27675 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq 2\phi R_n \rightarrow 8160,66 \text{ kg} < 27675 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol jarak baut

Jarak ke tepi = 1,5 db s.d (4tp + 100 mm) atau 200 mm

= 24 mm s.d. 200 cm

Terpasang = 40cm

Jarak antar baut = 3 db s.d 15 tp atau 200 mm

= 48 mm s.d 200 mm

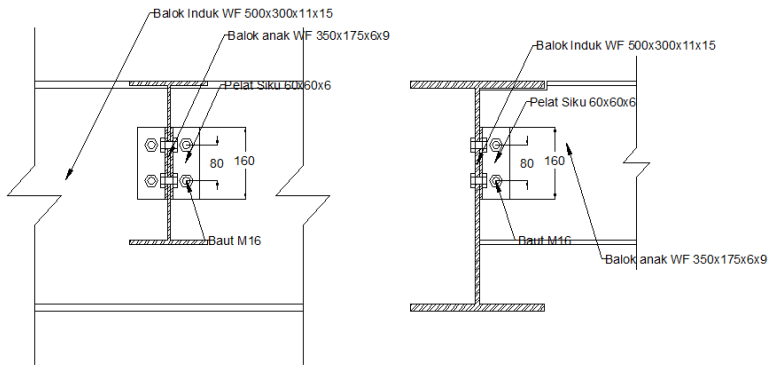
Terpasang = 80mm

4.4.2. Sambungan Balok Anak Atap Dengan Balok Induk

Sambungan antara balok anak atap Apartemen Grand Dhika City Jatiwarna dan balok induk direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dalam perencanaan, digunakan beberapa macam ukuran balok anak berdasarkan panjang dan jarak antar balok. Rekapitulasi ukuran balok anak lantai gedung dapat dilihat pada tabel 4.3.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 6134,76 kg, dengan dimensi balok anak WF 350x175x6x9 dan balok induk WF 500x300x11x15 . Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60 x 60 x 6.



Gambar 4. 44 Detail Sambungan Balok Anak Atap
(Sumber : penulis)

- Sambungan Pada Badan Balok Anak:
Direncanakan menggunakan M16 dengan diameter baut = 16 mm ($A_b = 2,01 \text{ cm}^2$) dan mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$). Ulir tidak pada bidang geser sehingga $r_1 = 0,5$.

- Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\phi \cdot V_n &= \phi \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot 2 \cdot 2,01 \\ &= 12440,71 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\phi \cdot R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 0,6 \cdot 4100 \\ &= 7084,8 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})\end{aligned}$$

$$n = \frac{V_u}{\phi \cdot R_n} = \frac{6134,7}{7084,8} = 0,9 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 16 mm

- Sambungan Pada Badan Balok Induk:
Direncanakan menggunakan M16 dengan diameter baut = 16 mm ($A_b = 2,01 \text{ cm}^2$) dan mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$). Ulir tidak pada bidang geser sehingga $r_1 = 0,5$.

- Kuat geser baut:

$$\phi.V_n = \phi \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot 2 \cdot 2,01$$

$$= 12440,71 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})$$

- Kuat tumpu baut

$$\phi.R_n = \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 1,1 \cdot 4100$$

$$= 12988,8 \text{ kg}$$

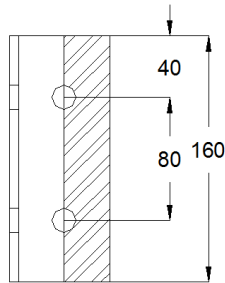
$$n = \frac{V_u}{\phi.R_n} = \frac{6134,7 \times 2}{12440,71} = 0,98 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 16 mm

- Kontrol kekuatan siku penyambung
Direncanakan menggunakan siku penyambung dengan ukuran 60 x 60 x 6 dengan mutu baja BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$).

$$\phi \text{ lubang} = 16 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)}$$

$$= 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}$$



Gambar 4. 45 Detail Pelat Siku Pada Gelagar
(Sumber : penulis)

Luas bidang geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (16 - 2 \times 1,75) \times 0,6 = 7,50 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 7,5 = 13837,5 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Terdapat 2 siku, sehingga

$$2\phi R_n = 2 \times 13837,5 = 27675 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq 2\phi R_n \rightarrow 6134,7 \text{ kg} < 27675 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol jarak baut

$$\text{Jarak ke tepi} = 1,5 \text{ db s.d } (4tp + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 24 \text{ mm s.d. } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Terpasang} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut} = 3 \text{ db s.d } 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

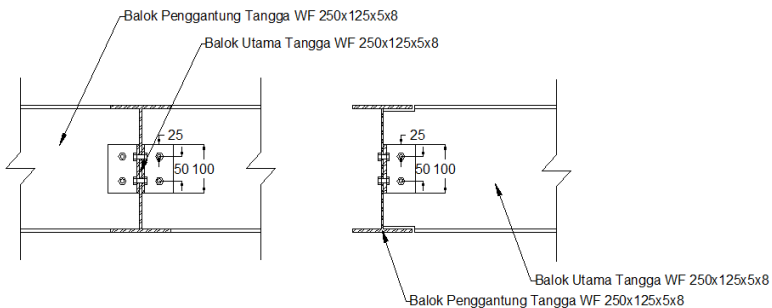
$$= 48 \text{ mm s.d } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Terpasang} = 80 \text{ mm}$$

4.4.3. Sambungan Balok Utama Tangga Dengan Balok Penumpu Tangga

Sambungan antara balok utama tangga dan balok penumpu tangga direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok utama, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok sebesar 2841,22 kg, dengan dimensi balok utama tangga yaitu WF 250 x 125 x 5 x 8 dan balok penumpu tangga WF 250 x 125 x 5 x 8. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 60 x 60 x 6



Gambar 4. 46 Sambungan Balok Utama Tangga Dengan Balok Penumpu Tangga
(Sumber : penulis)

- Sambungan balok utama tangga dengan siku:
Direncanakan menggunakan baut dengan diameter 8 mm ($A_b = 0,503 \text{ cm}^2$) dan mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$).
Ulir tidak pada bidang geser sehingga $r_1 = 0,5$.

- Kuat geser baut:

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot 2 \cdot 0,503$$

$$= 3110,177 \text{ kg}$$

- Kuat tumpu baut

$$\phi.Rn = \phi \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu$$

$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 4100$$

$$= 2952 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})$$

$$n = \frac{Vu}{\phi.Rn} = \frac{2841,22}{2952} = 0,96 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 8 mm

- Sambungan balok penumpu tangga dengan siku:
Direncanakan menggunakan baut dengan diameter 8 mm
($Ab = 0,503 \text{ cm}^2$) dan mutu baut A325 ($fu = 8250 \text{ kg/cm}^2$).
Ulir tidak pada bidang geser sehingga $r_1 = 0,5$.

- Kuat geser baut:

$$\phi.Vn = \phi \cdot r_1 \cdot fu \cdot m \cdot Ab$$

$$= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot 2 \cdot 0,503$$

$$= 3110,177 \text{ kg}$$

- Kuat tumpu baut

$$\phi.Rn = \phi \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu$$

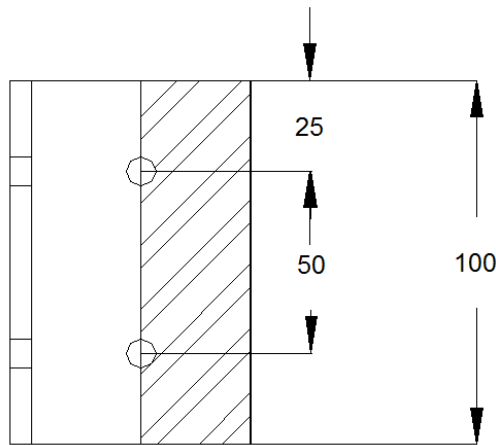
$$= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 4100$$

$$= 2952 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})$$

$$n = \frac{Vu}{\phi.Rn} = \frac{2841,22}{2952} = 0,96 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 8 mm

- Kontrol kekuatan siku penyambung
 Direncanakan menggunakan siku penyambung dengan ukuran 60 x 60 x 6 dengan mutu baja BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$).
 $\varnothing \text{ lubang} = 8 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm}$ (lubang dibuat dengan bor)
 $= 9,5 \text{ mm} = 0,95 \text{ cm}$
 Luas bidang geser



Gambar 4. 47 Detail Pelat Siku Pada Gelagar
(Sumber : penulis)

Luas bidang geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (10 - 2 \times 0,95) \times 0,6 = 4,86 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana

$$\begin{aligned} \varphi R_n &= \varphi 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 4,86 = 8966,70 \text{ kg} \end{aligned}$$

Terdapat 2 siku, sehingga

$$2\varphi R_n = 2 \times 8966,7 = 17933,4 \text{ kg}$$

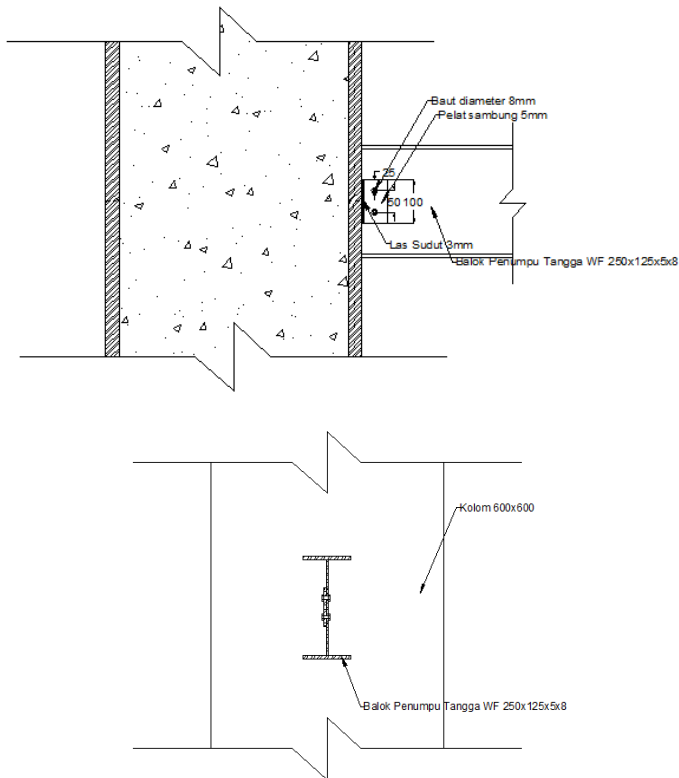
Syarat:

$$V_u \leq \varphi R_n \rightarrow 2841,22 \text{ kg} < 17933,4 \text{ kg } (OK)$$

4.4.4. Sambungan Balok Penumpu Tangga Dengan Kolom

Sambungan antara balok anak lantai apartemen dan balok induk direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok penumpu tangga adalah sebesar 3496,74 kg dimensi balok balok penumpu tangga WF 250x125x5x8 . Pada sambungan ini direncanakan dengan pelat sambung tebal 5 mm.



Gambar 4. 48 Sambungan Balok Penumpu Tangga Dengan Kolom

(Sumber : penulis)

- Sambungan Pada Badan Balok Anak:
Diameter baut = 8 mm ($A_b = 0,503 \text{ cm}^2$)

Mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

Ulir tidak pada bidang geser ($r_1 = 0,5$)

- Kuat geser baut:

$$\phi.V_n = \phi . r_1 . f_u . m . A_b$$

$$= 0,75 . 0,5 . 8250 . 1 . 0,503$$

$$= 3110,177 \text{ kg}$$

- Kuat tumpu baut

$$\phi.R_n = \phi . 2,4 . d_b . t_p . f_u$$

$$= 0,75 . 2,4 . 0,8 . 0,5 . 4100$$

$$= 2952 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})$$

$$n = \frac{V_u}{\phi.R_n} = \frac{3496,74}{2952} = 1,15 = 2 \text{ buah}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 8 mm

- Kontrol Las Sudut

Direncanakan las dengan $t_e = 1 \text{ cm}$

Mutu las yang digunakan F_{E70xx}

$$A_1 = t_e . (2 . d_{plat})$$

$$= 1 \times 2 \times (16)$$

$$= 32 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 2 \times \left(\frac{1}{12} \times 16^3 \right)$$

$$= 682,67 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 2 \times \left(\frac{16^2}{3}\right) = 170,67 \text{ cm}^3$$

Akibat geser beban sentris

$$f_v = \frac{Vu}{A} = \frac{3496,74}{32} = 109,27 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u \text{ las} = 0,75 \times 0,6 \times 70 \times 70,3 = 2214,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{total}}{fu_{las}} = \frac{109,27}{2214,45} = 0,05 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,05}{0,707} = 0,07 \text{ cm} < (a \text{ min} = 3 \text{ mm})$$

dipakai las sudut dengan tebal 3 mm

4.4.5. Sambungan Balok Induk 500x300x11x15 Dengan Kolom

Sambungan balok induk dengan kolom direncanakan dengan sambungan kaku (*rigid connection*) dimana sambungan memikul beban geser V_u dan momen M_u .

Gaya-gaya akibat kapasitas penampang adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M_u &= 1.1 \cdot R_y \cdot Z_x \cdot f_y \\ &= 1.1 \times 1.5 \times 2663 \times 2500 \\ &= 10984875 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$V_{u1} = 2 \times M_u / L = 2 \times 10984875 / 560 = 39231,7 \text{ kg}$$

Akibat kombinasi 1.2D+0.5L

$$V_{u2} = 7677,5 \text{ kg}$$

$$V_{u_{total}} = V_{u1} + V_{u2} = 39231,7 + 7677,5 = 46909,2 \text{ kg}$$

Perencanaan kekuatan sambungan baut:

- Kontrol Kuat geser baut pada badan balok
Pada bidang geser baut tidak ada ulir ($r_1 = 0,5$)
Mutu profil BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Baut tipe tumpu baut M24 dengan diameter 24mm ($A_b = 4,52 \text{ cm}^2$) dan mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$).

Pelat menggunakan tipe single plate ($t = 14 \text{ mm}$)

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\phi.V_n &= \phi \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot 1 \cdot 4,52 \\ &= 13995,8 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\phi.R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2,4 \cdot 1,1 \cdot 4100 \\ &= 39204 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tarik baut:

$$\begin{aligned}T_d &= \phi \cdot 0,75 \cdot f_u \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 8250 \cdot 4,52 \\ &= 20993,7 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi.V_n} = \frac{46909,2}{13995,8} = 3,35 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 4 baut pada satu pelat

Kontrol Jarak Baut

Jarak baut ketepi = $S_1 = 40 \text{ mm}$

$$1,5d_b \leq S_1 \leq 4t_p + 100$$

$$36 \leq 40 \leq 156 \text{ mm}$$

Jarak antar baut = $S = 80 \text{ mm}$

$$3d_b \leq S \leq 15t_p$$

$$72 \leq 80 \leq 210 \text{ mm}$$

Ukuran Plat

$$\text{Panjang} = 40 + (4-1) \times 80 + 40 = 320 \text{ mm} = 32 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar} = 40 + 40 = 80 \text{ mm} = 8 \text{ cm}$$

- Perencanaan Kekuatan Sambungan Las pada Badan Balok ke Kolom
Direncanakan las dengan $t_e = 1 \text{ cm}$

Mutu las yang digunakan F_{E110xx}

$$A_1 = te \cdot (d_{plat})$$

$$= 1 \times (32)$$

$$= 32 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 2 \times \left(\frac{1}{12} \times 32^3 \right)$$

$$= 2730,67 \text{ cm}^4$$

$$S_x = \left(\frac{32^2}{3} \right) = 341,33 \text{ cm}^3$$

Akibat geser beban sentris

$$f_u = \frac{Vu}{A} = \frac{46909,2}{32} = 1465,91 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{u \text{ las}} = 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 = 3479,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_u}{f_{u \text{ las}}} = \frac{1465,91}{3479,85} = 0,42 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,42}{0,707} = 0,59 \text{ cm} > (a \text{ min} = 6 \text{ mm})$$

Dipakai las sudut dengan ketebalan 6 mm

- Kontrol Pelat Penyambung

Direncanakan pelat penyambung 320 x 14

Mutu Pelat Baja BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Diameter lubang dibuat dengan bor sehingga

$$24 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm} = 25,5 \text{ mm}$$

$$A_{nv} = L_{nv} \cdot t$$

$$= (L - n \cdot \text{diameter lubang}) \times 1,4 \text{ cm}$$

$$= (32 - 4 \times 2,55) \times 1,4 \text{ cm}$$

$$= 30,52 \text{ cm}^2$$

$$\phi P_n = \phi \cdot (0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv})$$

$$= 0,9 \times 0,6 \times 4100 \times 30,52$$

$$= 67571,28 \text{ kg} > 46909,2 \text{ kg}$$

- Sambungan Las pada Diaphragm Plate dengan Kolom

Las tumpul penetrasi penuh tebal = 2,5 cm

Mutu Pelat diaphragm plate BJ41 ($f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$)

$$T = \frac{Mu}{d} = \frac{10984875}{50} = 219697,5 \text{ kg}$$

Kekuatan rencana las tumpul penetrasi penuh

$$\phi R_n = 0,9 \times t_e \times f_y$$

$$= 0,9 \times 2,5 \times 2500 = 5625 \text{ kg/cm}^2$$

Luas las tumpul

$$A_{\text{las}} = t_e \cdot d = 2,5 \times 50 = 125 \text{ cm}^2$$

Tegangan yang terjadi akibat beban tarik

$$f_{\text{total}} = \frac{219697,5}{125} = 1757,6 \text{ kg/cm}^2 < \phi R_n = 5625$$

- Kontrol Pelat Pengaku pada Pelat Diaphragm

Panjang Pelat = 45 cm

Tinggi Pelat = 15 cm

Direncanakan las dengan $t_e = 1 \text{ cm}$

Mutu las yang digunakan F_{E110xx}

Akibat gaya geser

$$A_1 = t_e \cdot (d_{\text{plat}})$$

$$= 2 \times 1 \times (15)$$

$$= 30 \text{ cm}^2$$

$$f_u = \frac{Vu}{A} = \frac{46909,2}{30} = 1563,64 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u \text{ las} = 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 = 3479,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_v}{f_{u_{\text{las}}}} = \frac{1563,64}{3479,85} = 0,45 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,45}{0,707} = 0,635 \text{ cm} > (a \text{ min} = 6 \text{ mm})$$

dipakai las sudut dengan ketebalan 6,5 mm

Akibat gaya tarik akibat momen

Mutu las yang digunakan F_{E110xx}

$$A_1 = t_e \cdot (d_{\text{plat}})$$

$$= 2 \times (45)$$

$$= 90 \text{ cm}^2$$

$$T = 219697,5 \text{ kg}$$

$$f_u = \frac{T}{A} = \frac{219697}{90} = 2441,083 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 f_u \text{ las} &= 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 = 3479,85 \text{ kg/cm}^2 \\
 te &= \frac{f_u}{f_{u_{las}}} = \frac{2441,083}{3479,85} = 0,7 \text{ cm} \\
 a &= \frac{te}{0,707} = \frac{0,7}{0,707} = 0,99 \text{ cm} > (a \text{ min} = 6 \text{ mm}) \\
 &\text{dipakai las sudut dengan ketebalan 10 mm}
 \end{aligned}$$

- Sambungan baut pada Diaphragm plate dengan sayap balok

Kontrol Kuat geser baut

Pada bidang geser baut tidak ada ulir ($r_1 = 0,5$)

Mutu profil BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Baut tipe tumpu baut M24 dengan diameter 30 mm ($A_g = 7,07 \text{ cm}^2$) dan mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$)

Pelat menggunakan tipe single plate ($t = 1,6 \text{ mm}$)

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot V_n &= \phi \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot 1 \cdot 7,07 \\
 &= 21868,43 \text{ kg (menentukan)}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\
 &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 3 \cdot 1,6 \cdot 4100 \\
 &= 35424 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tarik baut:

$$\begin{aligned}
 T_d &= \phi \cdot 0,75 \cdot f_u \cdot A_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 8250 \cdot 4,52 \\
 &= 32802,65 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{T}{\phi \cdot V_n} = \frac{219697,5}{21868,43} = 10 \text{ buah}$$

Kontrol Jarak Baut

Jarak baut ketepi = $S_1 = 45 \text{ mm}$

$$1,5d_b \leq S_1 \leq 4t_p + 100$$

$$45 \leq 45 \leq 160 \text{ mm}$$

Jarak antar baut = $S = 90 \text{ mm}$

$3d_b \leq S \leq 15t_p$

$90 \leq 90 \leq 225 \text{ mm}$

Ukuran Plat

Panjang = $45 + 4 \times 90 + 45 = 450 \text{ mm} = 45 \text{ cm}$

- Kekuatan Diaphragm Plate

Dipakai baut tipe tumpu M30

Mutu pelat baja BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$, $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$)

$A_g = w \cdot t_w$

$= 45 \cdot 1,6 \text{ cm}$

$= 72 \text{ cm}^2$

$A_n = A_g - \text{Aperlemahan}$

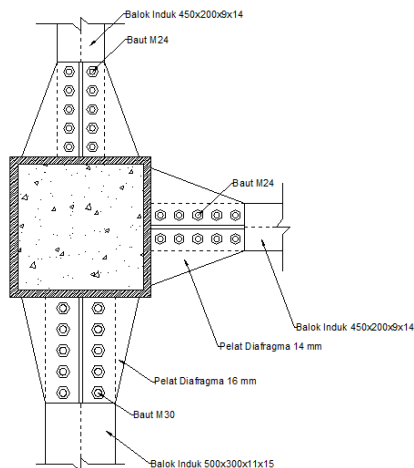
$= 90 - (2 \times 3,15 \times 1,6)$

$= 61,92 \text{ cm}^2$

Terhadap patah

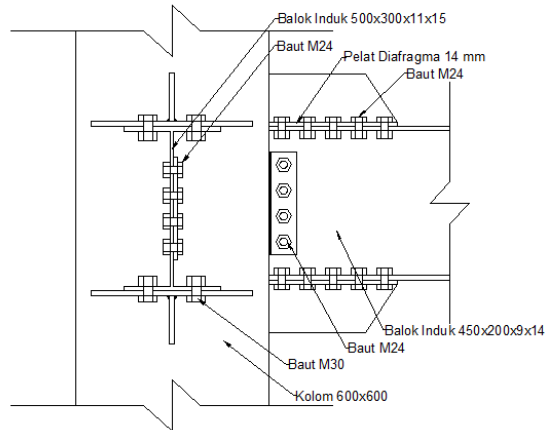
$T \leq 0,9 \cdot A_n \cdot F_u$

$219697 \text{ kg} \leq 228484,8 \text{ kg} \quad (\text{OK})$



Gambar 4. 49 Sambungan Balok Induk 500x300x11x15
dengan kolom

(Sumber : penulis)



Gambar 4. 50 Sambungan Balok Induk 500x300x11x15
dengan kolom
(Sumber : penulis)

4.4.6. Sambungan Balok Induk 450x200x9x14 Dengan Kolom

Sambungan balok induk dengan kolom direncanakan dengan sambungan kaku (*rigid connection*) dimana sambungan memikul beban geser V_u dan momen M_u .

Gaya-gaya akibat kapasitas penampang adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M_u &= 1.1 \cdot R_y \cdot Z_x \cdot f_y \\ &= 1.1 \times 1.5 \times 1621 \times 2500 \\ &= 6686625 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$V_{u1} = 2 \times M_u / L = 2 \times 6686625 / 332,5 = 40220,3 \text{ kg}$$

Akibat kombinasi 1.2D+0.5L

$$V_{u2} = 6280,3 \text{ kg}$$

$$V_{u\text{total}} = V_{u1} + V_{u2} = 40220,3 + 6280,3 = 46500,6 \text{ kg}$$

Perencanaan kekuatan sambungan baut:

- Kontrol Kuat geser baut pada badan balok
Pada bidang geser baut tidak ada ulir ($r_1 = 0,5$)
Mutu profil BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Baut tipe tumpu baut M24 dengan diameter 24mm ($A_b = 4,52 \text{ cm}^2$) dan mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$).

Pelat menggunakan tipe single plate ($t = 1,1 \text{ mm}$)

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}\phi.V_n &= \phi \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot 1 \cdot 4,52 \\ &= 13995,8 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\phi.R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2,4 \cdot 1,1 \cdot 4100 \\ &= 39204 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tarik baut:

$$\begin{aligned}T_d &= \phi \cdot 0,75 \cdot f_u \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 8250 \cdot 4,52 \\ &= 20993,7 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi.V_n} = \frac{46500,6}{13995,8} = 3,32 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 4 baut pada satu pelat

Kontrol Jarak Baut

Jarak baut ketepi = $S_1 = 40 \text{ mm}$

$$1,5d_b \leq S_1 \leq 4t_p + 100$$

$$36 \leq 40 \leq 156 \text{ mm}$$

Jarak antar baut = $S = 80 \text{ mm}$

$$3d_b \leq S \leq 15t_p$$

$$72 \leq 80 \leq 210 \text{ mm}$$

Ukuran Plat

$$\text{Panjang} = 40 + (4-1) \times 80 + 40 = 320 \text{ mm} = 32 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar} = 40 + 40 = 80 \text{ mm} = 8 \text{ cm}$$

- Perencanaan Kekuatan Sambungan Las pada Badan Balok ke Kolom
Direncanakan las dengan $t_e = 1 \text{ cm}$

Mutu las yang digunakan F_{E110xx}

$$A_1 = te \cdot (d_{plat})$$

$$= 1 \times (32)$$

$$= 32 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 2 \times \left(\frac{1}{12} \times 32^3 \right)$$

$$= 2730,67 \text{ cm}^4$$

$$S_x = \left(\frac{32^2}{3} \right) = 341,33 \text{ cm}^3$$

Akibat geser beban sentris

$$f_u = \frac{Vu}{A} = \frac{46500,6}{32} = 1453,14 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u \text{ las} = 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 = 3479,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_u}{f_{u_{las}}} = \frac{1453,14}{3479,85} = 0,42 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,42}{0,707} = 0,59 \text{ cm} > (a \text{ min} = 6 \text{ mm})$$

Dipakai las sudut dengan ketebalan 6 mm

- Kontrol Pelat Penyambung

Direncanakan pelat penyambung 320 x 14

Mutu Pelat Baja BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Diameter lubang dibuat dengan bor sehingga

$$24 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm} = 25,5 \text{ mm}$$

$$A_{nv} = L_{nv} \cdot t$$

$$= (L - n \cdot \text{diameter lubang}) \times 1,4 \text{ cm}$$

$$= (32 - 4 \times 2,55) \times 1,4 \text{ cm}$$

$$= 30,52 \text{ cm}^2$$

$$\phi P_n = \phi \cdot (0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv})$$

$$= 0,9 \times 0,6 \times 4100 \times 30,52$$

$$= 67571,28 \text{ kg} > 46500,6 \text{ kg}$$

- Sambungan Las pada Diaphragm Plate dengan Kolom

Las tumpul penetrasi penuh tebal = 2,5 cm

Mutu Pelat diaphragm plate BJ41 ($f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$)

$$T = \frac{Mu}{d} = \frac{6686625}{45} = 133732,5 \text{ kg}$$

Kekuatan rencana las tumpul penetrasi penuh

$$\phi R_n = 0,9 \times t_e \times f_y$$

$$= 0,9 \times 2,5 \times 2500 = 5625 \text{ kg/cm}^2$$

Luas las tumpul

$$A_{\text{las}} = t_e \cdot d_{\text{kolom}} = 2,5 \times 50 = 125 \text{ cm}^2$$

Tegangan yang terjadi akibat beban tarik

$$f_{\text{total}} = \frac{133732,5}{125} = 1069,9 \text{ kg/cm}^2 < \phi R_n = 5625$$

- Kontrol Pelat Pengaku Pelat Diaphragm

Panjang Pelat = 40 cm

Tinggi Pelat = 15 cm

Direncanakan las dengan $t_e = 1 \text{ cm}$

Mutu las yang digunakan F_{E110xx}

Akibat gaya geser

$$A_1 = t_e \cdot (d_{\text{plat}})$$

$$= 2 \times (15)$$

$$= 30 \text{ cm}^2$$

$$f_u = \frac{Vu}{A} = \frac{46500,6}{30} = 1550,02 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u \text{ las} = 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 = 3479,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_v}{f_{u \text{ las}}} = \frac{1550,02}{3479,85} = 0,445 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,445}{0,707} = 0,63 \text{ cm} > (a \text{ min} = 6 \text{ mm})$$

dipakai las sudut dengan ketebalan 6,5 mm

Akibat gaya tarik akibat momen

Mutu las yang digunakan F_{E110xx}

$$A_1 = t_e \cdot (d_{\text{plat}})$$

$$= 2 \times (23)$$

$$= 46 \text{ cm}^2$$

$$T = 133732,5 \text{ kg}$$

$$f_h = \frac{T}{A} = \frac{133732,5}{46} = 1671,656 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 f_u \text{ las} &= 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 = 3479,85 \text{ kg/cm}^2 \\
 te &= \frac{f_h}{f_{u \text{ las}}} = \frac{1671,656}{3479,85} = 0,48 \text{ cm} \\
 a &= \frac{te}{0,707} = \frac{0,48}{0,707} = 0,68 \text{ cm} > (a \text{ min} = 6 \text{ mm})
 \end{aligned}$$

dipakai las sudut dengan ketebalan 7 mm

- Sambungan Baut pada Diaphragm plate dengan sayap balok

Kontrol Kuat geser baut

Pada bidang geser baut tidak ada ulir ($r_1 = 0,5$)

Mutu profil BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$)

Baut tipe tumpu baut M24 dengan diameter 24mm ($A_b = 4,52 \text{ cm}^2$) dan mutu baut A325 ($f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$).

Pelat menggunakan tipe single plate ($t = 14 \text{ mm}$)

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned}
 \emptyset.V_n &= \emptyset \cdot r_1 \cdot f_u \cdot m \cdot A_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot 1 \cdot 4,52 \\
 &= 13995,8 \text{ kg (menentukan)}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}
 \emptyset.R_n &= \emptyset \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\
 &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2,4 \cdot 1,4 \cdot 4100 \\
 &= 24796,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tarik baut:

$$\begin{aligned}
 T_d &= \emptyset \cdot 0,75 \cdot f_u \cdot A_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 8250 \cdot 4,52 \\
 &= 20993,69 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{T}{\emptyset.V_n} = \frac{133732,5}{13995,8} = 9,55 \approx 10 \text{ buah}$$

Kontrol Jarak Baut

Jarak baut ketepi = $S_1 = 40 \text{ mm}$

$$1,5d_b \leq S_1 \leq 4t_p + 100$$

$$36 \leq 40 \leq 156 \text{ mm}$$

Jarak antar baut = $S = 80 \text{ mm}$

$$3d_b \leq S \leq 15t_p$$

$$72 \leq 80 \leq 210 \text{ mm}$$

Ukuran Plat

$$\text{Panjang} = 40 + 4 \times 80 + 40 = 400 \text{ mm} = 40 \text{ cm}$$

- Kekuatan Diaphragm Plate

Dipakai baut tipe tumpu M24

Mutu pelat baja BJ41 ($f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$, $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$)

$$A_g = w \cdot t_w$$

$$= 40 \cdot 1,4 \text{ cm}$$

$$= 56 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A_g - \text{Aperlemahan}$$

$$= 56 - (2 \times 2,55 \times 1,4)$$

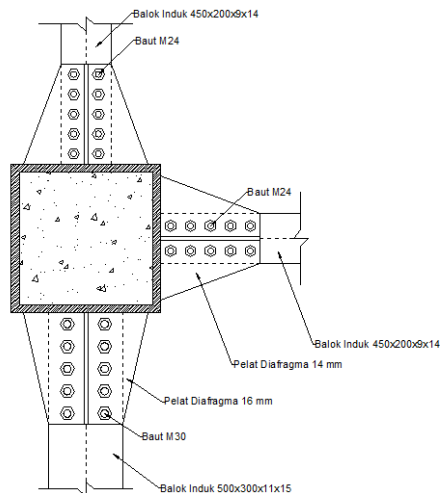
$$= 48,86 \text{ cm}^2$$

Terhadap patah

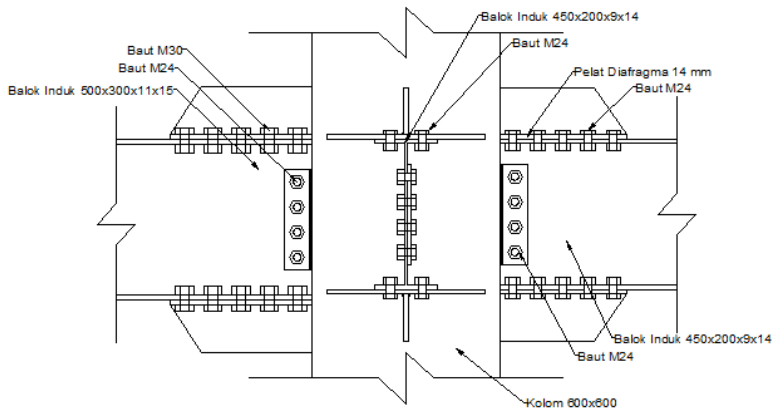
$$T \leq 0,9 \cdot A_n \cdot F_u$$

$$133732,5 \text{ kg} \leq 180293,4 \text{ kg}$$

(OK)



Gambar 4. 51 Sambungan Balok Induk 450x200x9x14 dengan kolom
(Sumber : penulis)



Gambar 4. 52 Detail Sambungan Balok Induk
450x200x9x14 dengan kolom
(Sumber : penulis)

4.4.7. Sambungan batang bresing bawah

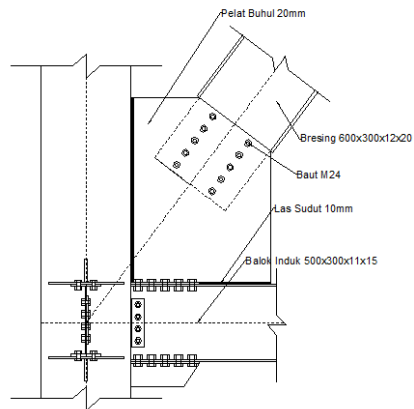
Sambungan batang bresing direncanakan berdasarkan kuat tarik rencana batang bresing, kuat lentur pada bidang kritis bresing, dan gaya maksimum hasil analisis yang dapat dipindahkan dari struktur ke batang bresing.

Sesuai peraturan SNI 03-1729-2002 butir 15.11.3 mengenai kuat perlu sambungan dinyatakan bahwa kuat perlu sambungan merupakan nilai terkecil dari kuat nominal aksial tarik batang bresing dan nilai terbesar dari hasil analisis yang ditetapkan sebagai nilai di bawah ini.

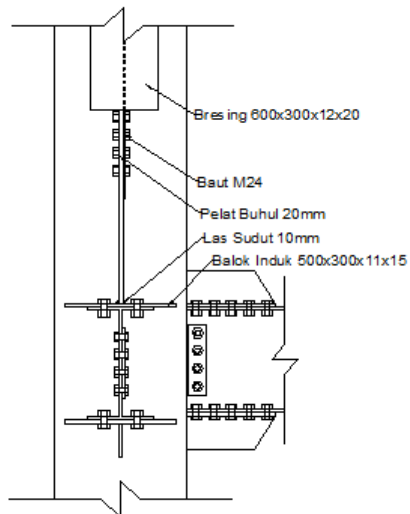
Pada perencanaan ini, digunakan bresing dengan ukuran WF 600x300x12x20 dan dari hasil analisa ETABS didapatkan besar gaya yang terjadi sebagai berikut:

$$P_{\text{tekan}} = 259192,1 \text{ kg}$$

$$R_y \cdot f_y \cdot A_g = 1,5 \times 2500 \times 192,5 = 721875 \text{ kg}$$



Gambar 4. 53 Sambungan Bresing Untuk Batang Bawah
(sumber : penulis)



Gambar 4. 54 Potongan Melintang Bresing Untuk Batang Bawah
(Sumber : penulis)

a. Sambungan Pada Batang Bresing

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu fu 8250kg/cm² dan baut M24 dengan diameter 24 mm, pada bidang geser baut tidak ada ulir ($r_1=0,5$), tebal pelat buhul = 10 mm dan $A_b = \frac{1}{4} \pi 2,4^2 = 4,52 \text{ cm}^2$.

Bresing profil WF 600 x 300 x 12 x 20

Kuat geser (ϕV_n) :

$$\begin{aligned} \phi \cdot f_u^b \cdot r_1 \cdot A_b \cdot m &= 0,75 \times 8250 \times 0,5 \times 4,52 \times 2 \\ &= 27967,5 \text{ kg} \quad (\text{menentukan}) \end{aligned}$$

Kuat tumpu (ϕR_n) :

$$\begin{aligned} \phi \cdot 2,4 \cdot f_u \cdot d_b \cdot t_p &= 0,75 \times 2,4 \times 4100 \times 2,4 \times 2 \\ &= 35424 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dipakai $\phi V_n = 27967,5 \text{ kg}$

Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{259192,1}{27967,5} = 9,3 = \text{dipakai 10 buah baut}$$

Dipasang 2 buah 5 baris.

• Kontrol jarak baut

Jarak baut ketepi = $S_1 = 50 \text{ mm}$

$$1,5d_b \leq S_1 \leq 4t_p + 100$$

$$36 \text{ mm} \leq 50 \leq 196 \text{ mm}$$

Jarak antar baut = $S = 100 \text{ mm}$

$$3d_b \leq S \leq 15t_p$$

$$72 \leq 100 \leq 360 \text{ mm}$$

Ukuran Plat

$$\text{Panjang} = 50 + 4 \times 100 + 50 = 500 \text{ mm} = 50 \text{ cm}$$

b. Sambungan las sudut pada pelat buhul

- Bahan las sudut yang di gunakan adalah E_{70xx}
- Tebal efektif las sudut rencana, $t_e = 1 \text{ cm}$
- Kuat nominal las sudut

- $\phi \cdot R_{nw} = 0,75 \cdot t_e \cdot (0,6 \cdot F_{E70xx})$
 $= 0,75 \times 1 \times 0,6 \times 70 \times 70,3$
 $= 2214,45 \text{ kg/cm}^2$
- Luas las sudut
 $A_{las} = 2 \cdot (122,6 + 92,55) = 430,3 \text{ cm}^2$
- Tegangan yang terjadi pada las sudut
 $L = 6,25 \text{ m} ; h = 5 \text{ m} ; b = 7,5 \text{ m}$
 $\cos \phi = \frac{7,5}{6,25} = 1,2$
 $\sin \phi = \frac{5}{6,25} = 0,8$
 $1,2 \cdot P_u = 1,2 \times 259192,1 = 311030,5 \text{ kg}$
 $0,8 \cdot P_u = 0,8 \times 259192,1 = 207353,7 \text{ kg}$
 $f_h = \frac{311030,5}{430,3} = 722,822 \text{ kg/cm}^2$
 $f_v = \frac{207353,7}{200} = 481,88 \text{ kg/cm}^2$
 $f_{total} = \sqrt{(\Sigma f_v)^2 + (\Sigma f_{vh})^2}$
 $= \sqrt{(722,822 + (481,88)^2}$
 $= 868,724 \text{ kg/cm}^2$
- Tebal efektif las sudut \geq
 $t_e \geq \frac{f_{total}}{\phi \cdot R_{nw}} = \frac{f_{total}}{\phi \cdot R_{nw}} = \frac{868,724}{2214,45} = 0,39 \text{ cm}$
 $a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,844}{0,707} = 0,55 \text{ cm} < a \text{ min } (0,6 \text{ cm})$
 Dipakai ketebalan las sudut sebesar 1 cm

• Kontrol tekuk pelat buhul

Lebar pelat buhul efektif dipakai setinggi web (h) bresing

Lebar pelat = 600 mm

$t_p = 20 \text{ mm}$

$A_g = 600 \times 20 = 12000 \text{ mm}^2$

$I_{plat} = 112500 \text{ mm}^4$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{112500}{12000}} = 3,06$$

$$\lambda = \frac{L_k}{r} = \frac{60}{3,06} = 19,6$$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \times \lambda \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1}{\pi} \times 19,6 \times \sqrt{\frac{250}{200000}} = 0,22$$

$$\lambda_c \leq 0,25 \rightarrow \omega = 1$$

$$\phi N_n = 0,85 \cdot A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} = 0,85 \cdot 120 \cdot \frac{2400}{1} = 265200 \text{ kg}$$

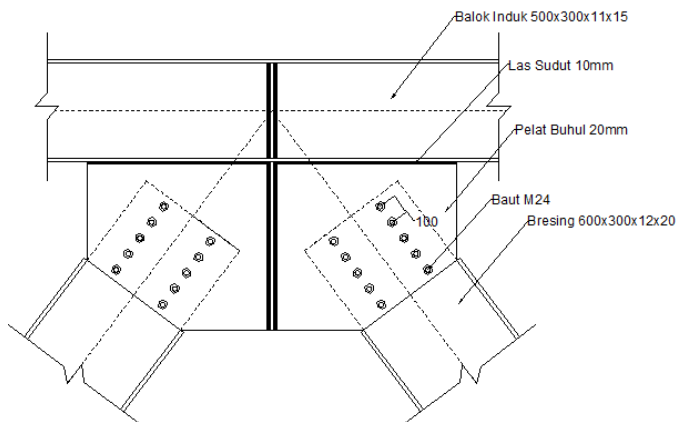
$$\phi N_n > N_u = 265200 \text{ kg} > 259192,1 \text{ kg} \quad (\text{ok})$$

4.4.8. Sambungan batang bresing atas

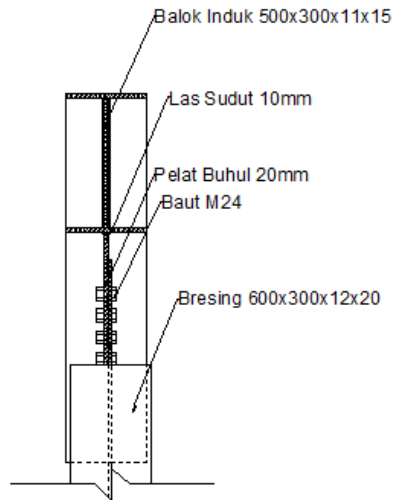
Gaya dalam maksimum bresing diperoleh dari output ETABS adalah sebagai berikut,

$P_{\text{tekan}} = 259192,1 \text{ kg}$ (kuat perlu yang menentukan)

$$R_y \cdot f_y \cdot A_g = 1,5 \times 2500 \times 192,5 = 721875 \text{ kg}$$



Gambar 4. 55 Sambungan bresing untuk batang atas
(sumber : penulis)



Gambar 4. 56 Potongan Melintang Sambungan Bresing untuk Batang Atas
(sumber : penulis)

a. Sambungan pada batang bresing

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu f_u 8250kg/cm² dan baut M24 dengan diameter 24 mm, pada bidang geser baut tidak ada ulir ($r_l=0,5$), tebal pelat buhul = 10mm.

$$A_b = \frac{1}{4} \pi 2,4^2 = 4,52 \text{ cm}^2$$

Bresing profil WF 600 x 300 x 12 x 20

Kuat geser (ϕV_n) :

$$\begin{aligned} \phi \cdot f_u^b \cdot r_l \cdot A_b \cdot m &= 0,75 \times 8250 \times 0,5 \times 4,52 \times 2 \\ &= 27967,5 \text{ kg} \quad (\text{menentukan}) \end{aligned}$$

Kuat tumpu (ϕR_n) :

$$\begin{aligned} \phi \cdot 2,4 \cdot f_u \cdot d_b \cdot t_p &= 0,75 \times 2,4 \times 4100 \times 2,4 \times 2 \\ &= 35424 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dipakai $\phi V_n = 27967,5 \text{ kg}$

Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{259192,1}{27967,5} = 9,3 = \text{dipakai 10 buah baut}$$

Dipasang 2 buah 5 baris.

- **Kontrol jarak baut**

Jarak baut ketepi = $S_1 = 50 \text{ mm}$

$$1,5db \leq S_1 \leq 4tp + 100$$

$$36 \text{ mm} \leq 50 \leq 196 \text{ mm}$$

Jarak antar baut = $S = 100 \text{ mm}$

$$3db \leq S \leq 15tp$$

$$72 \leq 100 \leq 360 \text{ mm}$$

b. Sambungan las sudut pada pelat buhul

- Bahan las sudut yang di gunakan adalah E_{70xx}
- Tebal efektif las sudut rencana, $t_e = 1 \text{ cm}$
- Kuat nominal las sudut
- $\phi. R_{nw} = 0,75 \cdot t_e \cdot (0,6 \cdot F_{E70xx})$
 $= 0,75 \times 1 \times 0,6 \times 70 \times 70,3$
 $= 2214,45 \text{ kg/cm}^2$

- Luas las sudut

$$A_{las} = 2 \cdot (92,4 + 85,28) = 355,46 \text{ cm}^2$$

- Tegangan yang terjadi pada las sudut

$$L = 6,25 \text{ m} ; h = 5 \text{ m} ; b = 7,5 \text{ m}$$

$$\cos \phi = \frac{7,5}{6,25} = 1,2$$

$$\sin \phi = \frac{5}{6,25} = 0,8$$

$$1,2 \cdot P_u = 1,2 \times 259192,1 = 311030,5 \text{ kg}$$

$$0,8 \cdot P_u = 0,8 \times 259192,1 = 207353,7 \text{ kg}$$

$$f_h = \frac{311030,5}{355,46} = 875 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{207353,7}{355,46} = 583,34 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 f_{\text{total}} &= \sqrt{(\Sigma f_v)^2 + (\Sigma f_{vh})^2} \\
 &= \sqrt{(875)^2 + (583,34)^2} \\
 &= 1051,63 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

- Tebal efektif las sudut \geq

$$t_e \geq \frac{f_{\text{total}}}{\phi \cdot R_{nw}} = \frac{f_{\text{total}}}{\phi \cdot R_{nw}} = \frac{1051,63}{2214,45} = 0,47 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,47}{0,707} = 0,67 \text{ cm} < a \text{ min } (0,6 \text{ cm})$$

Dipakai ketebalan las sudut sebesar 1 cm

- **Kontrol tekuk pelat buhul**

Lebar pelat buhul efektif dipakai setinggi web (h) bresing

Lebar pelat = 600 mm

$t_p = 20 \text{ mm}$

$A_g = 600 \times 20 = 12000 \text{ mm}^2$

$I_{\text{plat}} = 112500 \text{ mm}^4$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{112500}{12000}} = 3,06$$

$$\lambda = \frac{L_k}{r} = \frac{60}{3,06} = 19,6$$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \times \lambda \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1}{\pi} \times 19,6 \times \sqrt{\frac{250}{200000}} = 0,22$$

$$\lambda_c \leq 0,25 \rightarrow \omega = 1$$

$$\phi N_n = 0,85 \cdot A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} = 0,85 \cdot 120 \cdot \frac{2400}{1} = 265200 \text{ kg}$$

$$\phi N_n > N_u = 265200 \text{ kg} > 259192,1 \text{ kg} \quad (\text{ok})$$

4.4.9. Sambungan Antar Kolom dengan ukuran 600x600

Kolom disambung menggunakan sambungan las sudut dan pelat tambahan dengan tebal 50 mm.

- Hasil Output ETABS 2015

$P_u = 1448080 \text{ kg}$

$M_u = 49653,9 \text{ kgm}$

$V_u = 44542,2 \text{ kg}$

Misal $te = 1 \text{ cm}$

$$A_{las} = 4 \times (1 \times 60) = 240 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(60+60)^3}{6} = 288000 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(60+60)^3}{6} = 288000 \text{ cm}^4$$

$$S_x = b \times d + \left(\frac{d^2}{3}\right) = 60 \times 60 + \left(\frac{60^2}{3}\right) = 4800 \text{ cm}^3$$

$$S_y = b \times d + \left(\frac{d^2}{3}\right) = 60 \times 60 + \left(\frac{60^2}{3}\right) = 4800 \text{ cm}^3$$

$$fu_{las} = \emptyset \times 0,6 \times F_{E110xx} \times te$$

$$fu_{las} = 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 \times 1$$

$$fu_{las} = 3479,85 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat P_u

$$f_v = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u}{S_x} = \frac{1448080}{240} + \frac{49653,9}{4800} = 6044,01 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat V_u

$$f_h = \frac{V_u}{A} + \frac{M_u}{S_x} = \frac{44542,2}{240} + \frac{49653,9}{4800} = 195,94 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{total} = \sqrt{(f_h)^2 + (f_v)^2}$$

$$f_{total} = \sqrt{(195,94)^2 + (6044,01)^2} = 6047,19 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{total}}{fu_{las}} = \frac{6047,19}{3479,85} = 1,74 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{1,74}{0,707} = 2,5 \text{ cm}$$

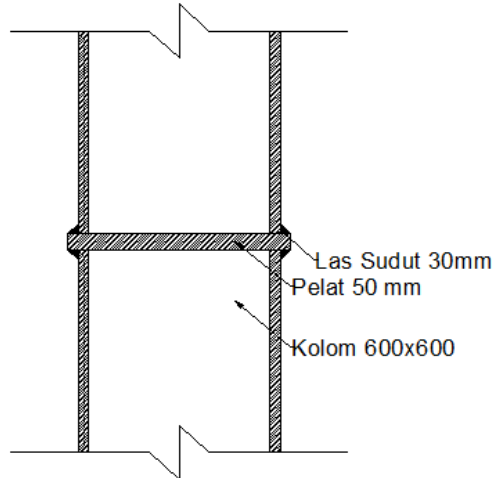
Syarat tebal kaki las

$$t_{plat} = 50 \text{ mm}, a_{min} = 6 \text{ mm}$$

$$a_{eff\ max} = 1,41 \cdot \frac{f_u}{f_{E\ 90xx}} \cdot tp = 1,41 \cdot \frac{4100}{110.70,3} \cdot 5$$

$$= 3,7\ cm$$

Digunakan las sudut dengan a = 3 cm



Gambar 4. 57 Sambungan Antar Kolom 600x600x32x32
(sumber : penulis)

4.4.10. Sambungan Antar Kolom ukuran 600x600 dengan 550x550

Kolom disambung menggunakan sambungan las sudut dan pelat tambahan dengan tebal 50 mm.

- Hasil Output ETABS 2015
 - Pu = 541638 kg
 - Mu = 49653,9 kgm
 - Vu = 32848,4 kg

Misal $t_e = 1\ cm$

$$A_{las} = 4 \times (1 \times 55) = 220\ cm^2$$

$$I_x = \frac{(b + d)^3}{6} = \frac{(55 + 55)^3}{6} = 221833,3 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{(b + d)^3}{6} = \frac{(55 + 55)^3}{6} = 221833,3 \text{ cm}^4$$

$$S_x = b \times d + \left(\frac{d^2}{3}\right) = 55 \times 55 + \left(\frac{55^2}{3}\right) = 4033,33 \text{ cm}^3$$

$$S_y = b \times d + \left(\frac{d^2}{3}\right) = 60 \times 60 + \left(\frac{60^2}{3}\right) = 4033,33 \text{ cm}^3$$

$$fu_{las} = \emptyset \times 0,6 \times F_{E110xx} \times te$$

$$fu_{las} = 0,75 \times 0,6 \times 110 \times 70,3 \times 1$$

$$fu_{las} = 3479,85 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat P_u

$$f_v = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u}{S_x} = \frac{541638}{220} + \frac{49653,9}{4033,33} = 2472,335 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat V_u

$$f_h = \frac{V_u}{A} + \frac{M_u}{S_x} = \frac{32848,4}{220} + \frac{49653,9}{4800} = 147,213 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{(f_h)^2 + (f_v)^2}$$

$$f_{total} = \sqrt{(147,213)^2 + (2472,335)^2} = 2476,714 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{total}}{fu_{las}} = \frac{2476,714}{3479,85} = 0,71 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{1,74}{0,707} = 1,1 \text{ cm}$$

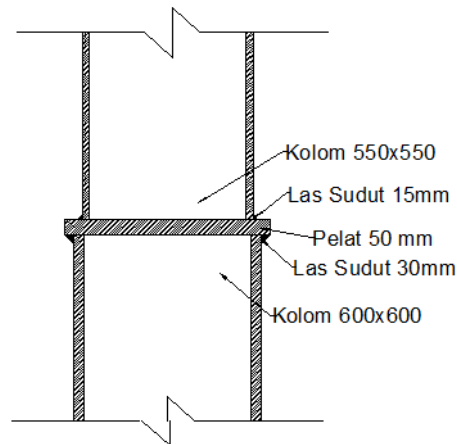
Syarat tebal kaki las

$$t_{plat} = 50 \text{ mm}, a_{min} = 6 \text{ mm}$$

$$a_{eff maks} = \frac{0,6 \times fu \times t}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times f_{E110xx}} = \frac{0,6 \times 4100 \times 50}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times 110 \times 70,3}$$

$$a_{eff maks} = 1,87 \text{ cm}$$

Digunakan las sudut dengan $a = 1,5 \text{ cm}$



Gambar 4. 58 Sambungan Antara Kolom 600x600x32x32 dengan Kolom 550x550x22x22
(sumber : penulis)

4.4.11. Sambungan Kolom dengan Base Plate

Perencanaan *base plate* dibawah ini menggunakan *fixed plate* dari katalog Continental Steel untuk profil HSS 600x600x32x32 dengan data – data sebagai berikut :

- Part Type = Mild Steel Plate
- $H = 1000 \text{ mm}$
- $B = 1000 \text{ mm}$
- $t_p = 100 \text{ mm}$
- $q = 785,02 \text{ kg/m}^2$

Dari hasil analisa ETABS didapat gaya- gaya yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$P_u = 1448080 \text{ kg}$$

$$M_uX = 15915190 \text{ kg.cm}$$

$$\text{MuY} = 12057070 \text{ kg.cm}$$

$$\text{Vu} = 44542,2 \text{ kg}$$

- Perencanaan Sambungan Las Sudut pada Base Plate
Direncanakan las dengan $t_e = 1 \text{ cm}$ pada kaki kolom pada profil HSS 600x600x32x32 sehingga didapat :

$$A_{las} = 4 \times (d_{kolom}) = 4 \times 60 = 240 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{(b + d)^3}{6} = \frac{(60 + 60)^3}{6} = 288000 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{(b + d)^3}{6} = \frac{(60 + 60)^3}{6} = 288000 \text{ cm}^4$$

$$S_x = b \times d + \left(\frac{d^2}{3} \right) = 60 \times 60 + \left(\frac{60^2}{3} \right) = 4800 \text{ cm}^3$$

$$S_y = b \times d + \left(\frac{d^2}{3} \right) = 60 \times 60 + \left(\frac{60^2}{3} \right) = 4800 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} f_{u_{las}} &= \phi \cdot 0,6 \cdot F_{E110xx} = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 110 \cdot 70,3 \cdot 1 \\ &= 3479,85 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Akibat Pu:

$$\begin{aligned} f_p &= \frac{Pu}{A} + \frac{Mux}{S_x} = \frac{1448080}{240} + \frac{15915190}{4800} \\ &= 9349,331 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Akibat Vu:

$$\begin{aligned} f_v &= \frac{Vu}{A} + \frac{Mux}{S_x} = \frac{44542,2}{240} + \frac{15915190}{4800} \\ &= 3501,257 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$f_{total} = \sqrt{f_p^2 + f_v^2} = \sqrt{9349,331^2 + 3501,257^2}$$

$$= 9983,426 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{total}}{fu_{las}} = \frac{9983,426}{3479,85} = 2,87 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{2,87}{0,707} = 4 \text{ cm} > (a \text{ min} = 6 \text{ mm})$$

Syarat- syarat tebal kaki las

Tebal minimum = $t_{plat} = 100 \text{ mm}$

$$a_{eff \text{ max}} = 1,41 \cdot \frac{fu}{f_{E90xx}} \cdot tp = 1,41 \cdot \frac{4100}{110.70,3} \cdot 6$$

$$= 7.47 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai las dengan $a = 4.5 \text{ cm}$

Perhitungan Base Plate

Periksa eksentrisitas gaya:

$$e = \frac{Mu}{Pu} = \frac{15915190}{1448080} = 11 \text{ cm}$$

$$1/6 h = 1/6 \cdot 100 \text{ cm} = 16,67 \text{ cm} > e = 11 \text{ cm}$$

Karena $1/6 h > e$, maka tidak terjadi gaya tarik, sehingga tidak perlu memasang gaya angkur (dipasang angkur praktis)

Direncanakan diameter baut : $22 \text{ mm} = 2.2 \text{ cm}$

$$h' \geq we + c1$$

$$we = \text{jarak baut ke tepi} = 2 \cdot db = 2 \cdot 2.2 = 4.4 \text{ cm}$$

$$c1 = \text{jarak minimum untuk kunci} = 27/16 \cdot 2.2 = 3,71 \text{ cm}$$

$$h' \geq 4.4 + 3,71 = 8,11 \text{ cm}$$

$$h \geq H - 0,5.h' = 100 - 0,5.8.11 = 95,94 \text{ cm}$$

$$B = 100 \text{ cm}$$

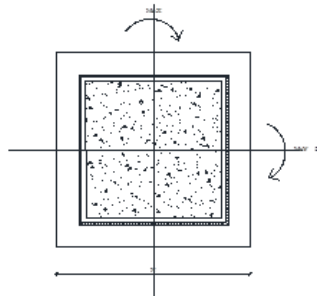
Dimensi beton :

Panjang : 1200 mm

Lebar : 1200 mm

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{120.120}{100.100}} = 1,2$$

Perencanaan akibat beban sumbu X



Gambar 4. 59 Arah Beban Sumbu X Pada Base Plate

- Akibat beban P_u

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B.N} = \frac{1448080}{100.100} = 144,808 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat beban M_u

$$f_{pb} = \frac{6.M_u}{B.N^2} = \frac{6.15915190}{100.100^2} = 95,5 \text{ kg/cm}^2$$

- Tekanan maksimal

- $f_{p \max} = f_{pa} + f_{pb} = 144,808 + 95,5 = 240,3 \text{ kg/cm}^2$
- Tekanan yang dapat diterima kolom
 $f_{p \text{ avail}} = \phi \cdot 0,85 \cdot f'c = 0,90 \times 0,85 \times 40 = 30,6 \text{ Mpa}$
 $f_{p \text{ avail}} = 306 \text{ kg/cm}^2 > f_{p \max} = 240,3 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$
 - Menentukan M_{upl} pada sejarak m setiap lebar 1 cm pelat

$$m = \frac{N - 0,95 \cdot d}{2} = \frac{100 - 0,95 \cdot 60}{2} = 21,5 \text{ cm}$$

$$M_{upl} = \left(f_{p \max} - 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left(\frac{m^2}{2} \right) + \left(2 \cdot f_{pb} \times \frac{m}{N} \right) \left(\frac{m^2}{3} \right)$$

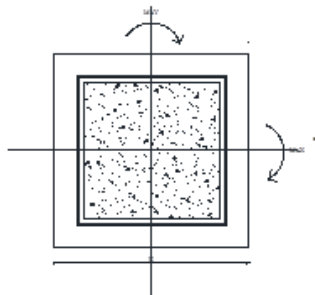
$$= \left(240,3 - 2 \times 95,5 \cdot \frac{21,5}{100} \right) \cdot \left(\frac{21,5^2}{2} \right) + \left(2 \times 95,5 \times \frac{21,5}{100} \right) \left(\frac{21,5^2}{3} \right)$$

$$= 52375,62 \text{ kg.cm/cm}$$
 - Menentukan tebal base plate
 $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

$$t = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{upl}}{0,9 \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 52375,62}{0,9 \cdot 2500}} = 9,6 \text{ cm}$$

$$< 10 \text{ cm (OK)}$$

Perencanaan akibat beban sumbu Y



Gambar 4. 60 Arah Beban Sumbu Y Pada Base Plate

- Akibat beban Pu

- $$f_{pa} = \frac{Pu}{B.N} = \frac{1448080}{100.100} = 144,808 \text{ kg/cm}^2$$
- Akibat beban Mu

$$f_{pb} = \frac{6.Mu}{B.N^2} = \frac{6.12057070}{100.100^2} = 72,34 \text{ kg/cm}^2$$
 - Tekanan maksimal

$$f_{p \max} = f_{pa} + f_{pb} = 144,808 + 72,34 = 217,15 \text{ kg/cm}^2$$
 - Tekanan yang dapat diterima kolom

$$f_{p \text{ avail}} = \phi.0,85.f'c = 0,9 \times 0,85 \times 40 = 30,6 \text{ Mpa}$$

$$f_{p \text{ avail}} = 306 \text{ kg/cm}^2 > f_{p \max} = 217,15 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$
 - Menentukan M_{upl} pada sejarak m setiap lebar 1 cm pelat

$$m = \frac{N-0,95.d}{2} = \frac{100-0,95 \cdot 60}{2} = 21,5 \text{ cm}$$

$$M_{upl} = \left(f_{p \max} - 2.f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left(\frac{m^2}{2} \right) + \left(2.f_{pb} - \frac{m}{N} \right) \left(\frac{m^2}{3} \right)$$

$$= \left(217,15 - 2 \times 72,34 \cdot \frac{21,5}{100} \right) \cdot \left(\frac{21,5^2}{2} \right) +$$

$$\left(2 \times 72,34 - \frac{21,5}{100} \right) \left(\frac{21,5^2}{3} \right)$$

$$= 47792.32 \text{ kg.cm/cm}$$
 - Menentukan tebal base plate

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{4.M_{upl}}{0,9.f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 47792.32}{0,9.2500}}$$

$$= 9,2 \text{ cm} < 10 \text{ cm}$$

Pakai tebal base plate 10 cm

Perencanaan pelat pengaku

- Pelat pengaku direncanakan seperti dengan dengan balok yang menerima beban momen dari pelat landas.
- Dimensi pelat minimum menurut SNI-1729-2015 Pasal G3-3
Tebal pelat pengaku minimum (ts)

$$t_s \geq 0,5 \cdot t_f \rightarrow 0,5 \times 3.2 = 1.6 \text{ cm}$$

Direncanakan tebal pengaku 2 kali tebal disambung, maka
”tebal pelat pengaku (t_s) = 3.2 cm”

Perencanaan baut angkur

- Gaya tarik yang terjadi pada angkur

$$T = \frac{f_p \max \cdot A \cdot B}{2} - P_u = \frac{240,3 \cdot 100 \cdot 100}{2} - 1448080$$

$$= -246580 \text{ kg}$$

“Karena $1/6 h > e$, maka dipasang angkur praktis”

Perhitungan Baut Angkur:

Dipakai baut angkur M30 mm mutu F1554 Grade 105
dengan $f_u = 7381,5 \text{ kg/cm}^2$

$$\phi V_n = 0,75 \cdot r_1 \cdot f_{ub} \cdot A_b$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 7381,5 \times 7.07$$

$$= 19566,28 \text{ kg (menentukan)}$$

$$\phi R_n = 2,4 \cdot \phi \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 2,4 \cdot 0,75 \cdot 3 \cdot 10 \cdot 4100$$

$$= 221400 \text{ kg}$$

- Kuat rencana tarik

$$T_d = \phi \cdot 0,75 \cdot f_{ub} \cdot A_b$$

$$= 0,75 \times 0,75 \times 7381,5 \times 7.07$$

$$= 29349.42 \text{ kg}$$

- Kontrol geser

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{44542,2}{19566,28} = 2.3$$

Kontrol tarik

$$n = \frac{T}{\phi V_n} = \frac{246580}{19566,28} = 12.6 \approx 16 \text{ buah}$$

Untuk pelat landas dipasang 16 baut

- Panjang Baut Angkur (12 in x 2,54 = 30,48 cm)

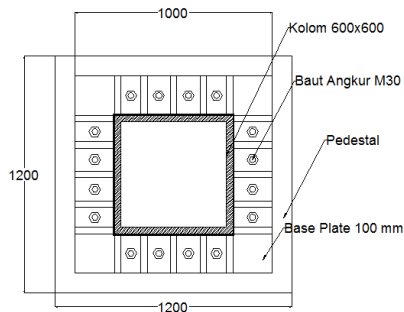
$$\frac{\lambda d}{db} = \frac{9fy}{10 \cdot \sqrt{f'c}} \times \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \lambda}{\left(\frac{c + ktr}{db}\right)}$$

$$= \frac{9 \times 250}{10 \cdot \sqrt{40}} \times \frac{1 \times 1,2 \times 1 \times 1}{3,0}$$

$$\lambda d = 15 \cdot db \rightarrow 15 \cdot 3,0 \text{ cm} = 45 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$$

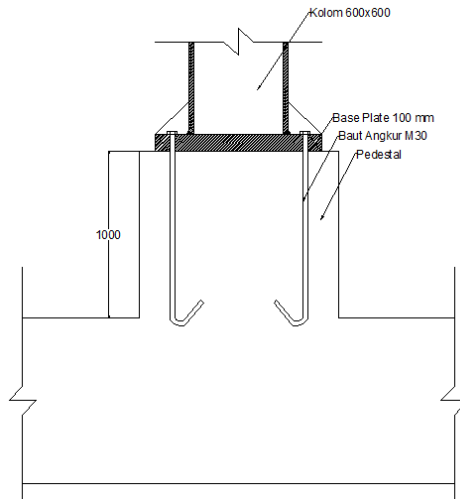
Maka panjang angkur yang dibutuhkan 45 cm.

Direncanakan dipasang hingga 100 cm setebal Pedestal.



Gambar 4. 61 Base Plate Pada Kolom

(sumber : penulis)



Gambar 4. 62 Tampak Samping Base Plate dan Kolom Pedestal

(sumber : penulis)

4.5. Perencanaan Struktur Bawah

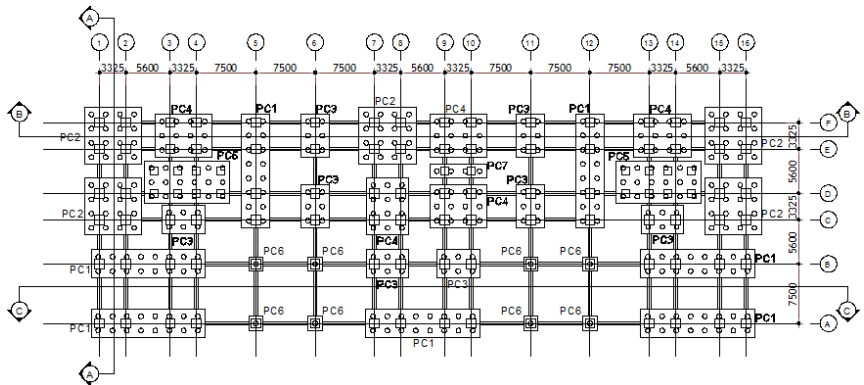
4.5.1. Perencanaan Pondasi

Pondasi adalah konstruksi bagian dasar atau konstruksi bangunan bawah yang berfungsi menopang struktur bangunan atas untuk di teruskan secara merata ke lapisan tanah.

Pondasi pada gedung apartemen Grand Dhika City Jatiwarna seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.60 dibawah direncanakan memakai pondasi tiang pancang *Spun Pile* dengan penampang bulat berongga (*Round Hollow*) dari produk dari PT. WIKA Beton. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Diameter tiang : 600 mm
- Tebal tiang : 100 mm
- Klasifikasi : A1

- Concrete cross section : 1570,8 cm²
- Berat : 393 kg/m
- Bending moment crack : 17 tm
- Bending momen ultimate : 25,5 tm
- Allowable axial load : 252,7 t



Gambar 4. 63 Denah Rencana Pondasi

a. Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh adanya daya dukung perlawanan tanah dari unsur ujung tiang pondasi (Q_p) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (Q_s). Sehingga, daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_u = Q_p + Q_s.$$

Perhitungan daya dukung tanah ini dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) dengan kedalaman 40 m. Perhitungan dilakukan dengan metode Luciano Decourt.

Tabel 4. 20 Data Tanah SPT dan Nilai Koreksi (N')

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal (m)	N	N' (koreksi)
Lapisan 1	0	0	0	0
Lapisan 2	2	2	4	4
Lapisan 3	4	2	8	8
Lapisan 4	6	2	19	17
Lapisan 5	8	2	14	14
Lapisan 6	10	2	13	13
Lapisan 7	12	2	26	20.5
Lapisan 8	14	2	50	32.5
Lapisan 9	16	2	50	32.5
Lapisan 10	18	2	50	32.5
Lapisan 11	20	2	50	32.5
Lapisan 12	22	2	50	32.5
Lapisan 13	24	2	50	32.5
Lapisan 14	26	2	50	32.5
Lapisan 15	28	2	50	32.5
Lapisan 16	30	2	50	32.5
Lapisan 17	32	2	50	32.5
Lapisan 18	34	2	50	32.5
Lapisan 19	36	2	50	32.5
Lapisan 20	38	2	48	31.5
Lapisan 21	40	2	50	32.5

Perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal

$$A_{\text{ujung}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 60^2 = 2827.43 \text{ cm}^2$$

$$\text{Keliling tiang} = \pi \cdot 60 = 188.49 \text{ cm}$$

$$N_p = (32.5 + 32.5 + 32.5) / 3 = 32.5$$

$$\begin{aligned}
\alpha &= 1 \text{ (driven pile)} \\
K &= 40 \text{ t/m}^2 \text{ (koefisien karakteristik tanah untuk} \\
&\quad \text{jenis tanah sand)} \\
N_s &= (0+4+8+17+14+13+20,5+32,5+32,5+32,5+32,5 \\
&\quad +32,5)/12 = 21,727 \\
\beta &= 1 \text{ (driven pile)} \\
q_s &= \beta \times \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) = 1 \times \left(\frac{21,727}{3} + 1 \right) = 8,24 \text{ t/m}^2 \\
A_s &= \text{keliling tiang} \times \text{kedalaman tiang} \\
&= 1.8849 \times 22 = 41,469 \text{ m}^2 \\
Q_p &= \alpha \times N_p \times K \times A_{ujung} \\
&= 1 \times 32,5 \times 40 \times 0.2827 = 367,56 \text{ ton} \\
Q_s &= q_s \times A_s \\
&= 8,24 \times 41,469 = 341,805 \text{ ton} \\
Q_u &= Q_p + Q_s \\
&= 367,56 + 341,805 = 709,372 \text{ ton}
\end{aligned}$$

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan (SF).

$$P_{ijin} \text{ 1 tiang} = \frac{Q_u}{SF} = \frac{709,372}{3} = 236,46 \text{ ton}$$

P ijin tersebut dibandingkan dengan *allowable axial load* pada spesifikasi sebesar $P_{allow} = 252.7 > P_{ijin} \text{ 1 tiang}$. Sehingga, $P_{ijin} \text{ 1 tiang} = 236,46 \text{ ton}$.

b. Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok

Tiang pancang dalam 1 grup (kelompok) disatukan dengan menggunakan *pilecap* diatasnya. Pada tugas akhir ini direncanakan menggunakan 6 tipe *pilecap* dengan konfigurasi tiang pancang yang berbeda. Berikut adalah contoh perhitungan daya dukung tiang pancang dalam 1 grup pada konfigurasi tipe 1.

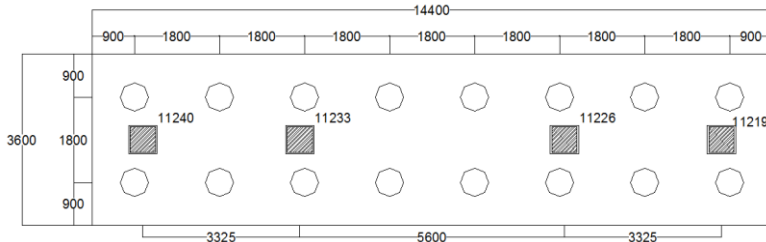
$$\begin{aligned}
\text{Dimensi pilecap} &= 1440 \text{ cm} \times 360 \text{ cm} \times 150 \text{ cm} \\
\text{Jumlah tiang pancang} &= 16 \text{ buah}
\end{aligned}$$

Jumlah baris (m) = 2

Jumlah kolom (n) = 8

Jarak antar tiang pancang (S) = 180 cm $\geq 3D$

Jarak tiang pancang ke tepi *pilecap* (S_1) = 90 cm $\geq 1,5D$



Gambar 4. 64 Konfigurasi Tiang Pancang pada Pilecap Tipe 1

Menurut Herman Wahyudi (2013) dalam buku “Daya Dukung Pondasi Dalam”, daya dukung tiang pancang kelompok dengan jarak antar tiang pancang ≥ 3 tidak perlu dikoreksi dengan koefisien efisiensi (C_e) sehingga daya dukung ijin satu tiang pancang kelompok sama dengan P_{ijin} 1 tiang = 236,46 ton.

c. Repartisi Beban di Atas Tiang Pancang Kelompok

Konfigurasi tiang pancang kelompok yang disatukan oleh *pilecap* harus dapat memikul beban - beban vertikal dan momen yang terjadi pada kolom yang berada di atas *pilecap*. Berikut adalah contoh perhitungan repartisi beban diatas tiang pancang kelompok pada konfigurasi tipe 1.

Beban yang terjadi pada *pilecap* tipe 1 adalah akibat kombinasi 1D + 1L + 1E dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 4. 21 Rekapitulasi Gaya Kolom Akibat Gempa X

1D + 1L +1Ex			
Kolom	Pu (kg)	Mux (kgm)	Muy (kgm)
11219	654984.3	54930.4	78644.9
11226	1040423.5	35199.9	122934.3
11233	1091280.5	33382.5	122907.9
11240	472196.4	32863	78841.7
Total	3258884.7	156375.8	403328.8

Tabel 4. 22 Rekapitulasi Gaya Kolom Akibat Gempa Y

1D + 1L +1Ey			
Kolom	Pu (kg)	Mux (kgm)	Muy (kgm)
11219	1462603.2	160434.2	24028
11226	633865.5	102126.9	37263.5
11233	587688.6	99917.6	37184.8
11240	390677.4	98942.2	22910.7
Total	3074835	461421	121387

Tabel 4. 23 Gaya Total yang Diterima Pilecap

Keterangan	1D + 1L +1Ex	1D + 1L +1Ey
Mux (kgm)	156375.8	461420.9
Muy (kgm)	403328.8	121387
Pu (kg)	3258884.7	3074834.7

$$x_{\max} = 6,3 \text{ m}$$

$$y_{\max} = 0,9 \text{ m}$$

$$\Sigma x^2 = (4 \times 0,9^2) + (4 \times 2,7^2) + (4 \times 4,5^2) + (4 \times 6,3^2) = 272,16 \text{ m}^2$$

$$\Sigma y^2 = 16 \times 0.9^2 = 12,96 \text{ m}^2$$

$$P_v = \frac{V}{n} + \frac{M_{xy}}{\Sigma y^2} + \frac{M_{yx}}{\Sigma x^2}$$

Akibat kombinasi 1D + 1L + 1Ex

$$= \frac{3258884,7}{16} + \frac{156375,8 \times 0.9}{12,96} + \frac{403328,8 \times 6,3}{272,16}$$

$$= 223876,04 \text{ kg}$$

$$= 223,9 \text{ ton} < P_{ijin} \text{ grup} = 236,457 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

Akibat kombinasi 1D + 1L + 1Ey

$$= \frac{3074834,7}{16} + \frac{461420,9 \times 0.9}{12,96} + \frac{121387 \times 6,3}{272,16}$$

$$= 227030,17 \text{ kg}$$

$$= 227,03 \text{ ton} < P_{ijin} \text{ grup} = 236,457 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

d. Kontrol Tiang Pancang Terhadap Gaya Lateral

Tiang pancang dikontrol terhadap gaya lateral yang mengakibatkan defleksi dan momen pada sebuah tiang pancang. Berikut adalah kontrol sebuah tiang pancang terhadap gaya lateral:

$$H = 64,306 \text{ ton}$$

$$\text{Jumlah tiang pancang (n)} = 16 \text{ buah}$$

$$P = H/n = 66,306/6 = 4,019 \text{ ton}$$

$$I = \frac{1}{64} (d^2 - d_i^2) = \frac{1}{64} (0,6^2 - 0,5^2) = 0,0054 \text{ m}^2$$

$$q_u = 1,34 \text{ t/m}^2$$

$$f = 80 \text{ t/m}^2$$

$$E = 4700 \sqrt{f} c = 4700 \sqrt{50} = 33234,02 \text{ N/mm}^2$$

$$= 332340187 \text{ t/m}^2$$

$$T = \left(\frac{E \cdot I}{f} \right)^{\frac{1}{5}} = \left(\frac{332340187 \cdot 0,0054}{80} \right)^{\frac{1}{5}} = 7,42 \text{ m}$$

$$L = \text{kedalaman tiang pancang} = 22 \text{ m}$$

$$L/T = 22/7,42 = 2,965$$

- Kontrol Defleksi

$$\text{Defleksi ijin} = 2,5 \text{ cm}$$

Koefisien defleksi (F_d) = 0,96

$$\Delta d = \frac{F_d \cdot P \cdot T^3}{E \cdot I} = \frac{0,96 \cdot 4,019 \cdot 7,42^3}{332340187 \cdot 0,0054} = 0,0008 \text{ m}$$

$$= 0,08 \text{ cm} < 2,5 \text{ cm} \quad \textbf{(OK)}$$

- Kontrol Momen

Momen bending crack = 25,5 tm

Koefisien momen (F_m) = 0,85

$M_p = F_m (P \cdot T)$

$$= 0,85 (4,019 \cdot 7,42)$$

$$= 25,35 \text{ tm} < 25,5 \text{ tm} \quad \textbf{(OK)}$$

4.5.2. Perencanaan *Pilecap*

a. Kontrol Geser *Pilecap*

Kontrol geser *pilecap* ini dilakukan untuk mengetahui gaya geser yang terjadi akibat reaksi pedestal dan tiang pancang dapat dipikul oleh *pilecap*. Kontrol geser *pilecap* dihitung sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1, dengan nilai V_c terkecil dari :

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(2 + \frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

Berikut adalah contoh perhitungan *pilecap* pada konfigurasi tiang pancang tipe 1.

Dimensi pedestal = 120 cm × 120 cm

Dimensi *pilecap* = 1440 cm × 360 cm × 150 cm

Tulangan utama = 25 mm

Selimut beton = 75 mm

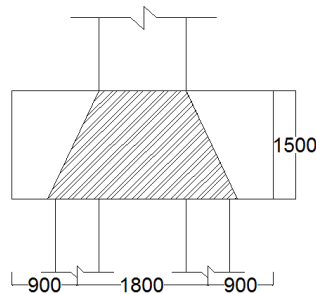
$f'c$ = 30 MPa

α = 40 (interior)

= 30 (tepi)

= 20 (sudut)

- Kontrol geser akibat pedestal
 β (rasio sisi panjang terhadap pendek pedestal)
 $= 120/120 = 1$
 d' (tebal efektif *pilecap*)
 $= 1500 - 75 - 0.5 \times 25 = 1412,5 \text{ mm}$
 b_o (keliling penampang kritis)
 $= 2(b+d') + 2(h+d')$
 $= 2(1200+1412,5) + 2(1200+1412,5) = 10450 \text{ mm}$
 $B = H = 10450/4 = 2612,5 \text{ mm}$ (penampang kritis)



Gambar 4. 65 Penampang Kritis Pilecap akibat Pedestal

$$\begin{aligned}
 V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 10450 \times 1412,5 \\
 &= 41232109,1 \text{ N} \\
 V_{c2} &= 0,083 \times \left(2 + \frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,083 \times \left(2 + \frac{20 \times 1412,5}{10450} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 10450 \times 1412,5 \\
 &= 31560995,87 \text{ N} \\
 V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,333 \times 1 \times \sqrt{30} \times 10450 \times 1412,5 \\
 &= 26948821,43 \text{ N (menentukan)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\emptyset V_c &= 0.75 \times V_c \\
&= 0.75 \times 26948821,43 = 20211616,07 \text{ kg} \\
V_u &= V + W_{\text{beton}} - n \times P_{\text{ijin grup}} + V_{\text{sloof}} \\
&= 1462603,2 + (2400 \times 1,5 \times 2612,5^2) - 2 \times 236,457 + \\
&\quad 2 \times 7875 \\
&= 1030003,763 \text{ kg} < \emptyset V_c = 20211616,07 \text{ kg} \\
&\quad \textbf{(OK)}
\end{aligned}$$

- Kontrol geser akibat tiang pancang

$$\beta = 1$$

bo (keliling penampang kritis)

$$bo = \pi (d_{\text{tiang}} + d') = \pi (600 + 1412,5) = 6322,4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
&= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 6322,4 \times 1412,5 \\
&= 10596631,1 \text{ N (menentukan)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_{c2} &= 0,083 \times \left(2 + \frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
&= 0,083 \times \left(2 + \frac{20 \times 1412,5}{6322,4} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 6322,4 \\
&\quad \times 1412,5 \\
&= 26260103,75 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
&= 0,333 \times 1 \times \sqrt{30} \times 6322,4 \times 1412,5 \\
&= 16303098,75 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\emptyset V_c &= 0.75 \times V_c \\
&= 0.75 \times 10596631,1 = 810139,99 \text{ kg}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_u &= P_{\text{ijin grup}} \\
&= 236457 \text{ kg} < \emptyset V_c = 810139,99 \text{ kg} \quad \textbf{(OK)}
\end{aligned}$$

b. Penulangan *Pilecap*

Untuk penulangan lentur, *pilecap* dianalisa sebagai balok dengan perletakan sendi-sendi untuk penulangan sumbu X dan jepit pada kolom untuk penulangan sumbu Y. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat yang dihasilkan dari tiang pancang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tak tertentu. Berikut adalah contoh perhitungan tulangan lentur pada konfigurasi tiang pancang tipe 1.

Data perencanaan :

Sisi bawah *pilecap*

Tulangan utama D25 mm, $A_s = 490.87 \text{ mm}^2$

Sisi atas *pilecap*

Tulangan utama D19 mm, $A_s = 283,53 \text{ mm}^2$

Selimut beton = 75 mm

$d'_{\text{arah x}} = 1500 - 75 - 0.5 \times 19 = 1415,5 \text{ mm}$

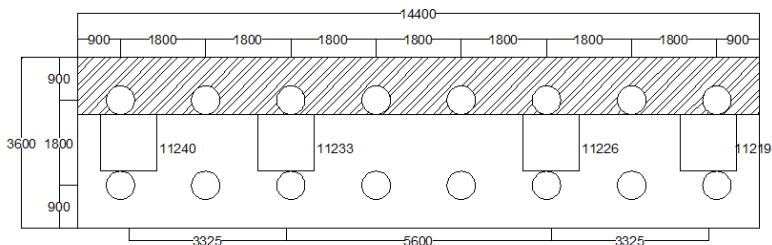
$d'_{\text{arah y}} = 1500 - 75 - 25 - 0.5 \times 19 = 1396,5 \text{ mm}$

Mutu bahan :

$f'_c = 30 \text{ MPa}$

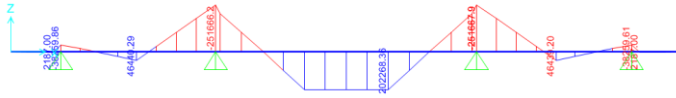
$f_y = 420 \text{ MPa}$

- Penulangan Arah X



Gambar 4. 66 Daerah Beban Penulangan Lentur Arah Sumbu X

Dengan mengasumsikan setiap kolom pedestal sebagai perletakkan sendi dan tiang pancang sebagai beban terpusat, maka didapatkan grafik momen sebagai berikut:



$$\begin{aligned}
 P &= P_{\text{ijin grup}} = 236,457 \text{ ton} = 236457 \text{ kg} \\
 W_{\text{pilecap}} &= 1,5 \times 2400 \times 1,5 \times 1,2 \\
 &= 6480 \text{ kg/m} \\
 Mu &= 538507,94 \text{ kgm} = 5385079400 \text{ Nmm} \\
 Mn &= \frac{Mu}{\phi} = \frac{5385079400}{0,9} = 5983421556 \text{ Nmm} \\
 m &= \frac{fy}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,47 \\
 \rho_{\min} &= 0,0018 \\
 Rn &= \frac{Mn}{bd^2} = \frac{5983421556}{3600 \times 1412,5^2} = 0,829 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{16,47} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,47 \times 0,829}{420}} \right) \\
 &= 0,002 > \rho_{\min} = 0,0018 \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0,002
 \end{aligned}$$

Tulangan sisi bawah *pilecap*

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{perlu}} &= \rho \times b \times d' \\
 &= 0,002 \times 3600 \times 1415,5 = 10233,71 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s} = \frac{10233,71}{490,87} = 20,85 \approx 21 \text{ buah}$$

Jarak Tulangan

$$s = \frac{(3600 - 2 \times 75 - 25)}{(21 - 1)} = 171,25 \text{ mm}$$

$$S_{pakai} = 170 \text{ mm}$$

Tulangan sisi atas *pilecap*

$$\begin{aligned} A_{s_{perlu}} &= 0.5 \times \rho \times b \times d^2 \\ &= 0.5 \times 0.002 \times 3600 \times 1396,5 = 5095,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan

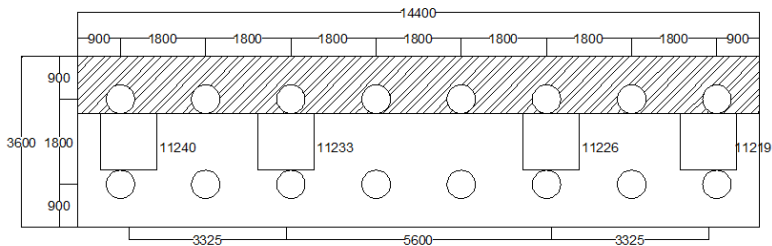
$$n = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_s} = \frac{5095,8}{283,53} = 17,97 \approx 18 \text{ buah}$$

Jarak Tulangan

$$s = \frac{(3600 - 2 \times 75 - 19)}{(18 - 1)} = 201,5 \text{ mm}$$

$S_{pakai} = 170 \text{ mm}$, disamakan dengan tulangan bawah.

- Penulangan Arah Y



Gambar 4. 67 Daerah Beban Penulangan Lentur Arah Sumbu Y

$$P = P_{ijin \text{ grup}} = 236,457 \text{ ton} = 236457 \text{ kg}$$

$$n = 8$$

$$\begin{aligned} W_{pilecap} &= 14,4 \times 2400 \times 1,5 \times 1,2 \\ &= 62208 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 8 \times 236457 \times 0,6 - 0,5 \times 62208 \times 1,5^2 \\ &= 1076688 \text{ kgm} = 10766880000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{10766880000}{0.9} = 11963200000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.85 \times f'c} = \frac{420}{0.85 \times 30} = 16.47 \\
 \rho_{\min} &= 0.0018 \\
 R_n &= \frac{M_n}{b d^2} = \frac{11963200000}{14400 \times 1387,5^2} = 0.43 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16.47} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.47 \times 0.43}{420}} \right) \\
 &= 0.00103 < \rho_{\min} = 0.0018 \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.0018
 \end{aligned}$$

Tulangan sisi bawah *pilecap*

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{perlu}} &= \rho \times b \times d' \\
 &= 0.0018 \times 14400 \times 1387,5 = 35964 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s} = \frac{35964}{490.87} = 73,26 \approx 74 \text{ buah}$$

Jarak Tulangan

$$s = \frac{(14400 - 2 \times 75 - 25)}{(74 - 1)} = 194,86 \text{ mm}$$

$$s_{\text{pakai}} = 190 \text{ mm}$$

Tulangan sisi atas *pilecap*

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{perlu}} &= 0.5 \times \rho \times b \times d' \\
 &= 0.5 \times 0.002 \times 14400 \times 1396,5 = 20109,6 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s} = \frac{20109,6}{283,53} = 70,93 \approx 71 \text{ buah}$$

Jarak Tulangan

$$s = \frac{(14400 - 2 \times 75 - 19)}{(71 - 1)} = 203,21 \text{ mm}$$

$$s_{\text{pakai}} = 190 \text{ mm, disamakan dengan tulangan bawah.}$$

Tabel 4. 24 Rekapitulasi Kedalaman Tiang Pancang dan Penulangan Pilecap

Jenis Pilecap	Dimensi (cm)	Diameter Tiang (cm)	Kedalaman Tiang Pancang (m)	Jarak Antar Tiang (cm)	Jarak Tiang ke Tepi (cm)	Konfigurasi Tiang		Tulangan Lentur Sumbu X		Tulangan Lentur Sumbu Y	
						Sumbu X	Sumbu Y	Bawah	Atas	Bawah	Atas
Pilecap 1	1440x360x150	60	22	180	90	8	2	D25 - 170	D19 - 170	D25 - 190	D19 - 190
Pilecap 2	720x720x150	60	22	180	90	4	4	D25 - 180	D19 - 180	D25 - 180	D19 - 180
Pilecap 3	540x360x150	60	18	180	90	3	2	D25 - 190	D19 - 190	D25 - 190	D19 - 190
Pilecap 4	720x540x150	60	16	180	90	4	3	D25 - 180	D19 - 180	D25 - 190	D19 - 190
Pilecap 5	1080x540x150	60	22	180	90	6	3	D25 - 180	D19 - 180	D25 - 190	D19 - 190
Pilecap 6	180x180x150	60	12	180	90	1	1	D25 - 180	D19 - 180	D25 - 180	D19 - 180
Pilecap 7	720x180x150	60	16	180	90	1	4	D25 - 180	D19 - 180	D25 - 190	D19 - 190

4.5.3. Perencanaan Kolom Pedestal

Kolom pedestal berfungsi untuk menghubungkan kolom baja dengan *pilecap* dengan menggunakan *baseplate*. Gaya yang dipakai pada perencanaan kolom pedestal ini menggunakan hasil analisa struktur. Berikut adalah data perencanaan kolom pedestal.

Kombinasi 1 :

Pu	= 1448080 kg
Mux	= 157331,5 kgm
Muy	= 23562,2 kgm
Vux	= 3481.56 kg
Vuy	= 44111.16 kg

Kombinasi 2 :

Pu	= 1110700 kg
Mux	= 159151,9 kgm
Muy	= 22319,8 kgm
Vux	= 2909.25 kg
Vuy	= 44542.21 kg

Kombinasi 3 :

Pu	= 1032690 kg
Mux	= 34487,4 kgm
Muy	= 120570,7 kgm
Vux	= 33603.48 kg
Vuy	= 5220.76 kg

Dimensi kolom pedestal

$$B = 120 \text{ cm}$$

$$H = 120 \text{ cm}$$

$$A_g = 14400 \text{ cm}^2$$

Mutu bahan

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

- Penulangan utama pedestal

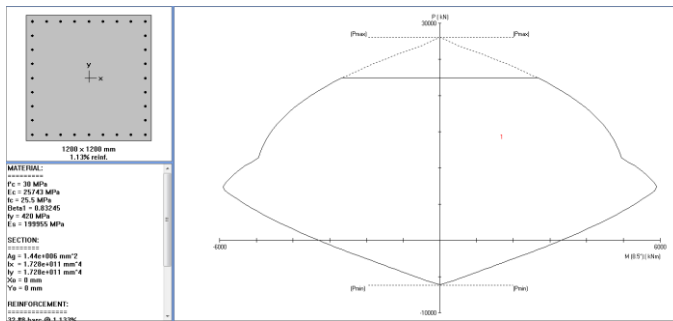
$$\text{Tulangan utama D25 mm, } A_s = 530,93 \text{ mm}^2$$

Tulangan transversal $\varnothing 10$ mm, $A_s = 78.54 \text{ mm}^2$

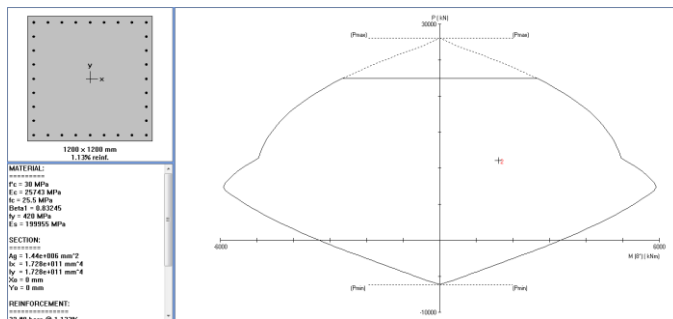
Selimit beton = 40 mm

$$d' = 1200 - 40 - 10 - 0.5 \times 32 = 1137 \text{ mm}$$

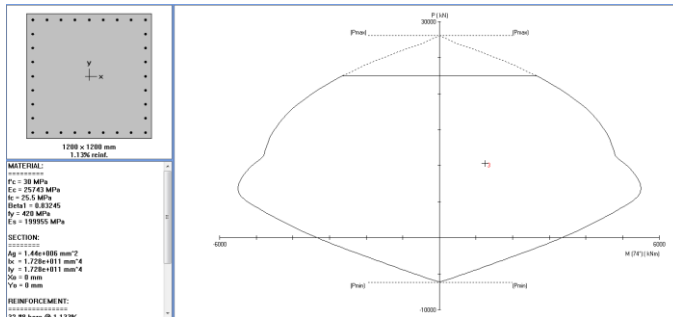
Dengan menggunakan software spcolumn, maka didapat rasio tulangan (ρ) = 1,13 %.



Gambar 4. 68 Hasil Analisa Kolom Pedestal Akibat Kombinasi Pu max menggunakan spcolumn



Gambar 4. 69 Hasil Analisa Kolom Pedestal Akibat Kombinasi Mux max menggunakan spcolumn



Gambar 4. 70 Hasil Analisa Kolom Pedestal Akibat Kombinasi Muy max menggunakan spcolumn

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d'$$

$$= 0.0113 \times 1200 \times 1137 = 15417,72 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan utama 32D25 (dipasang merata 4 sisi)

$$A_s = 16989,733 \text{ mm}^2 > A_{s\text{perlu}} = 15417,72 \text{ mm}^2 \quad (\mathbf{OK})$$

- Penulangan geser pedestal

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton adalah sebagai berikut.

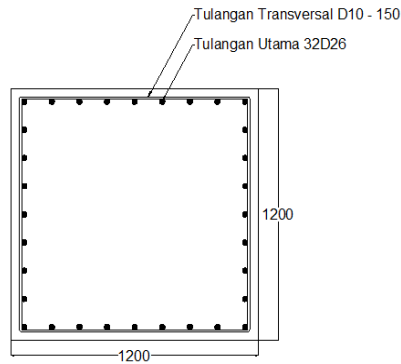
$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \times b \times d' \left(1 + \frac{Nu}{14 A_g} \right) \\ &= \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 1200 \times 1137 \left(1 + \frac{14480800}{14 \times 1440000} \right) \\ &= 2140170,99 \text{ N} \\ &= 214017,099 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0.75 V_c = 0.75 \times 214017,099 = 160512,824 \text{ kg}$$

Karena $V_u = 44542.21 \text{ kg} < \phi V_c$, sehingga tidak perlu tulangan geser.

Jadi dipasang tulangan geser praktis Ø10 dengan jarak paling minimum dari 150 mm atau 6db (156 mm).

Sehingga, pakai Ø10 - 150 mm.



Gambar 4. 71 Penulangan Kolom Pedestal

4.5.4. Perencanaan Balok *Sloof*

Balok *sloof* berfungsi sebagai pengaku yang menghubungkan antar *pilecap*. Hal itu diperlukan jika terjadi penurunan, maka seluruh struktur bangunan dapat bergerak kebawah bersama. Balok *sloof* direncanakan mampu memikul berat sendiri dan dinding yang ada di atasnya. Berikut adalah perencanaan balok *sloof*.

Tinggi dinding = 4 m

Berat dinding = 132 kg/m^2

Gaya aksial kolom = 1448080 kg

Gaya aksial *sloof* = $10\% \times 1448080 = 144808 \text{ kg}$

Data perencanaan :

$L = 7500 \text{ mm}$

$b \geq L/20 = 7500/20 = 375$

$\leq 450 \text{ mm}$

Pakai

$b = 450 \text{ mm}$

$h = 900 \text{ mm}$

Mutu bahan:

$$f'_c = 40 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0.78 \text{ (} f'_c = 40 \text{ MPa)}$$

$$\text{Tulangan utama D20 mm, } A_s = 314,16 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan geser } \emptyset 12 \text{ mm, } A_s = 113,1 \text{ mm}^2$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$d' = 900 - 50 - 12 - 0.5 \times 20 = 828 \text{ mm}$$

Tegangan tarik pada *sloof* (f_r) harus lebih kecil dari tegangan tarik ijin beton (f_{ijin}).

$$f_{ijin} = 0.7 \sqrt{f'_c} = 0.7 \sqrt{40} = 4,43 \text{ MPa}$$

$$f_r = \frac{\text{gaya aksial sloof}}{0.8 \times b \times h} = \frac{144808 \times 9.81}{0.8 \times 450 \times 900} = 4,38 \text{ MPa} < f_{ijin} \quad (\text{OK})$$

Beban yang dipikul balok *sloof*

$$\text{Berat sendiri} = 0.45 \times 0.9 \times 2400 = 972 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding} = 132 \times 4.3 = \underline{528 \text{ kg/m} +}$$

$$\text{Total } q_d = 1500 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1.4 q_d$$

$$= 1.4 \times 1500 = 2100 \text{ kg/m}$$

Besar momen balok sloof menggunakan persamaan pada perhitungan balok menerus berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 8.3.3

- Penulangan lentur sisi tumpuan

$$M_u = \frac{1}{12} \times q_u \times L^2$$

$$= \frac{1}{12} \times 2100 \times 7,5^2 = 9843,75 \text{ kgm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{9843,75}{0.9} = 10937,5 \text{ kgm}$$

$$= 109375000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{fy}{0.85 \times f'c} = \frac{420}{0.85 \times 40} = 12,35 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1.4}{fy} = \frac{1.4}{420} = 0.003 \\
 Rn &= \frac{Mn}{bd^2} = \frac{109375000}{450 \times 532^2} = 0.35 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0.35}{420}} \right) \\
 &= 0.0008 < \rho_{\min} = 0.0033 \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.0033
 \end{aligned}$$

Tulangan butuh

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d' \\
 &= 0.0033 \times 450 \times 828 = 1242 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_s} = \frac{1242}{314,16} = 3.95 \approx 4 \text{ buah}$$

Pakai tulangan lentur tumpuan 4D20

- Penulangan lentur sisi lapangan

$$\begin{aligned}
 Mu &= \frac{1}{24} \times q_u \times L^2 \\
 &= \frac{1}{24} \times 2100 \times 7,5^2 = 4921,875 \text{ kgm} \\
 Mn &= \frac{Mu}{\phi} = \frac{4921,875}{0.9} = 5468,75 \text{ kgm} \\
 &= 54687500 \text{ Nmm} \\
 m &= \frac{fy}{0.85 \times f'c} = \frac{420}{0.85 \times 40} = 12,35 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1.4}{fy} = \frac{1.4}{420} = 0.0033 \\
 Rn &= \frac{Mn}{bd^2} = \frac{54687500}{450 \times 828^2} = 0.177 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right)
 \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{12,35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,177}{420}} \right)$$

$$= 0,0004 < \rho_{\min} = 0,0033$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0033$$

Tulangan butuh

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d'$$

$$= 0,0033 \times 450 \times 828 = 1242 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_s} = \frac{1242}{314,16} = 3,95 \approx 4 \text{ buah}$$

Pakai tulangan lentur lapangan 4D20

- Penulangan geser

$$V_u = 0,5 \times q_u \times L$$

$$= 0,5 \times 2100 \times 7,5 = 7875 \text{ kg}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton adalah sebagai berikut.

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

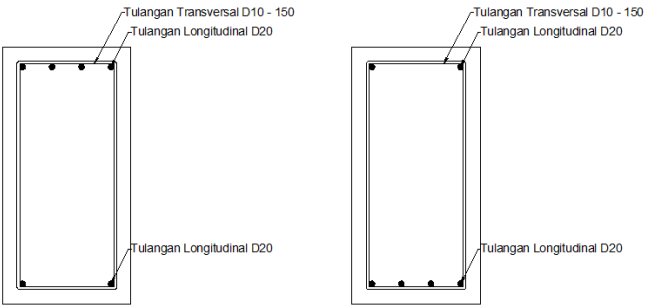
$$= \frac{1}{6} \sqrt{40} \times 450 \times 828 = 392754,9 \text{ N}$$

$$= 39275,49 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 0,75 V_c = 0,75 \times 39275,49 = 29456,62 \text{ kg}$$

Karena $V_u = 7875 < \phi V_c$, sehingga tidak perlu tulangan geser.

Jadi dipasang tulangan geser praktis Ø10 dengan jarak paling minimum dari 300 mm atau $828/2$ (414 mm).
Sehingga, pakai tulangan geser Ø10 - 300 mm.



Gambar 4. 72 Detail Penulangan Balok Sloof Tumpuan dan Lapangan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan struktur sekunder:
 - a. Pelat lantai atap menggunakan bondek dari SUPER FLOOR DECK tebal 0,75 mm dengan pelat beton tebal 110 mm dan dipasang tulangan negatif $\varnothing 10 - 300$ untuk dibentang 3,75 m, 3,325 m, dan 2,8 m.
 - b. Pelat lantai gedung Apartemen Grand Dhika City Jatiwarna menggunakan bondek dari SUPER FLOOR DECK dengan tebal 0,75 mm dengan pelat beton 110 mm dan dipasang tulangan negatif $\varnothing 10 - 150$ untuk bentang 3,75 m, $\varnothing 10 - 200$ untuk bentang 3,325 m, dan $\varnothing 10 - 250$ untuk bentang 2,8 m.
 - c. Dimensi balok anak pada atap menggunakan profil WF sebagai berikut:
 - i. WF 200x100x4,5x7 untuk panjang balok 3,325m dan jarak antar balok 2,8 m dengan mutu baja BJ-41.
 - ii. WF 200x100x4,5x7 untuk panjang balok 3,325m dan jarak antar balok 3,75 m dengan mutu baja BJ-41.
 - iii. WF 250x125x6x9 untuk panjang balok 5,6 m dan jarak antar balok 2,8 m dengan mutu baja BJ-41.
 - iv. WF 300x150x5,5x8 untuk panjang balok 5,6 m dan jarak antar balok 3,75 m dengan mutu baja BJ-41.
 - v. WF 350x175x6x9 untuk panjang balok 7,5 m dan jarak antar balok 2,8 m dengan mutu baja BJ-41.
 - d. Dimensi balok anak pada lantai Apartemen menggunakan profil WF sebagai berikut:

- i. WF 200x100x5,5x8 untuk panjang balok 3,325m dan jarak antar balok 2,8 m dengan mutu baja BJ-41.
 - ii. WF 200x100x5,5x8 untuk panjang balok 3,325m dan jarak antar balok 3,75 m dengan mutu baja BJ-41.
 - iii. WF 300x150x6,5x9 untuk panjang balok 5,6 m dan jarak antar balok 2,8 m dengan mutu baja BJ-41.
 - iv. WF 350x175x6x9 untuk panjang balok 5,6 m dan jarak antar balok 3,75 m dengan mutu baja BJ-41.
 - v. WF 400x200x8x13 untuk panjang balok 7,5 m dan jarak antar balok 2,8 m dengan mutu baja BJ-41.
 - vi. WF 400x200x8x13 untuk panjang balok 7,5 m dan jarak antar balok 3,75 m dengan mutu baja BJ-41.
 - e. Dimensi balok penggantung lift menggunakan profil WF 300x200x9x14 dengan mutu baja BJ-41.
 - f. Pelat tangga menggunakan SUPER FLOOR DECK dengan pelat beton tebal 9 cm tanpa tulangan negatif dengan lebar injakan tangga 28cm dan tinggi injakan 17 cm.
 - g. Pelat bordes menggunakan SUPER FLOOR DECK dengan pelat beton tebal 9 cm dengan tulangan negative yang digunakan Ø10 – 300.
 - h. Balok utama tangga menggunakan profil WF 250x125x5x8 dan dimensi balok penumpu tangga WF 250x125x5x8 dengan mutu baja BJ-41.
2. Hasil perhitungan struktur primer:
- a. Bresing arah sumbu X dan Y menggunakan profil WF 600x300x12x20 dengan mutu baja BJ-41.
 - b. Dimensi balok induk bentang 5,6 m dan 7,5 m menggunakan profil WF 500x300x11x15, dan untuk bentang 3,325 m menggunakan profil WF 450x12x9x14 dengan mutu baja BJ-41.

- c. Dimensi kolom lantai 1 sampai dengan 7 menggunakan kolom CFT 600x600x32x32, lantai 8 sampai dengan 14 menggunakan profil kolom CFT 550x550x22x22, dan lantai 15 sampai dengan 22 menggunakan profil kolom CFT 500x500x22x22 dengan keseluruhannya menggunakan mutu baja BJ-41.
 - d. Perencanaan base plate menggunakan fixed plate dari katalog Continental Steel.
3. Hasil perhitungan struktur bawah:
- a. Struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang beton dengan penampang bulat berongga (*Round Hollow*) dari produk dari PT. WIKA Beton Ø 60 cm (tipe A1) dengan kedalaman 22 m.
 - b. Dimensi *pilecap* direncanakan dengan beberapa tipe ukuran sebagai berikut:
 - i. *Pilecap* tipe 1 direncanakan dengan ukuran 14,4 m x 3,6 m x 1,5 m, dengan tulangan lentur arah X D25-190 dan tulangan lentur arah Y D25-190.
 - c. Dimensi kolom pedestal direncanakan 1200 mm x 1200 mm, dengan tulangan utama 32D25 dan tulangan geser Ø10 - 150 mm.
 - d. Dimensi *sloof* direncanakan 400 mm x 900 mm, dengan tulangan lentur 4D20 dan tulangan geser Ø10 - 150 mm.

5.2. Saran

Pada perencanaan *pilecap* dihasilkan dimensi yang besar sehingga termasuk kedalam mass concrete. Mass concrete adalah segala volume beton dengan dimensi yang cukup besar sehingga perlu pengendalian thermal terhadap panas yang ditimbulkan oleh proses hidrasi semen.

Diharapkan dengan adanya perencanaan bangunan gedung dengan Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus (SRBKK) ini dapat menjadi inovasi pada perancangan gedung di Indonesia. Selain itu, dapat juga dengan dilakukan studi lebih lanjut mengenai aspek teknis, ekonomis, dan estetika agar perencanaan ini menjadi lebih efektif dan dapat dimodelkan sesuai dengan kondisi sesungguhnya di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, Aziz. 2012. “Studi Perilaku sistem Rangka Baja *K-Split EBF* (Eccentrically Braced Frames) Terhadap Beban Gempa Dengan Analisis *Pushover*”. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia
- Badan Standardisasi Nasional . 2015 . SNI 1729-2015 :
Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural .
Jakarta . Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional . 2012 . SNI 1726-2012 : Tata Cara
Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung
. Jakarta . Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional . 2015 . SNI 2847-2013 :
Persyaratan beton structural untuk bangunan gedung.
Jakarta . Badan Standardisasi Nasional
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan . 1983 . Peraturan
Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 . Bandung :
Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan
- Engelhardt, Michael D., Popov, Egor P. 1989. “On Design of
Eccentrically Braced Frames, Earthquake Spectra Vol. 5,
No.3.
- G. Salmon, Charles & E. Johnson, Jhon . 1991 .”Struktur Baja
desain dan Perilaku Jilid 2 Edisi Kedua” . Jakarta :
Erlangga
- Isdarmanu, Marwan. 2006. “Buku Ajar Struktur Baja I”. Fakultas
Teknik Sipil dan Perencanaan. Surabaya : Institut
Teknologi Sepuluh Nopember
- Leon, Roberto & Griffis, Larry . 2013 . “Composite Column
Design” . Saudi Arabia : King Fahd University

- Wahyudi, Herman .1999 . “Daya Dukung Pondasi Dangkal. Surabaya” : Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS
- Widiarsa, Ida Bagus Rai, & Putu Deskarta . 2007 . “Kuat Geser Baja Komposit Dengan Variasi Tinggi Penghubung Geser Tipe – T ditinjau Dari Uji Geser Murni” . Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 11, No 1
- Wijaya, Yan Parta. 2010. “ Studi Stabilitas Pada Sistem Portal Baja Berpengaku Eksentrik (Eccentrically Braced Frame)”. Rekayasa Sipil Volume VI, Nomor 1, April 2010.

LAMPIRAN



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Detail Perencanaan Pondasi

Skala

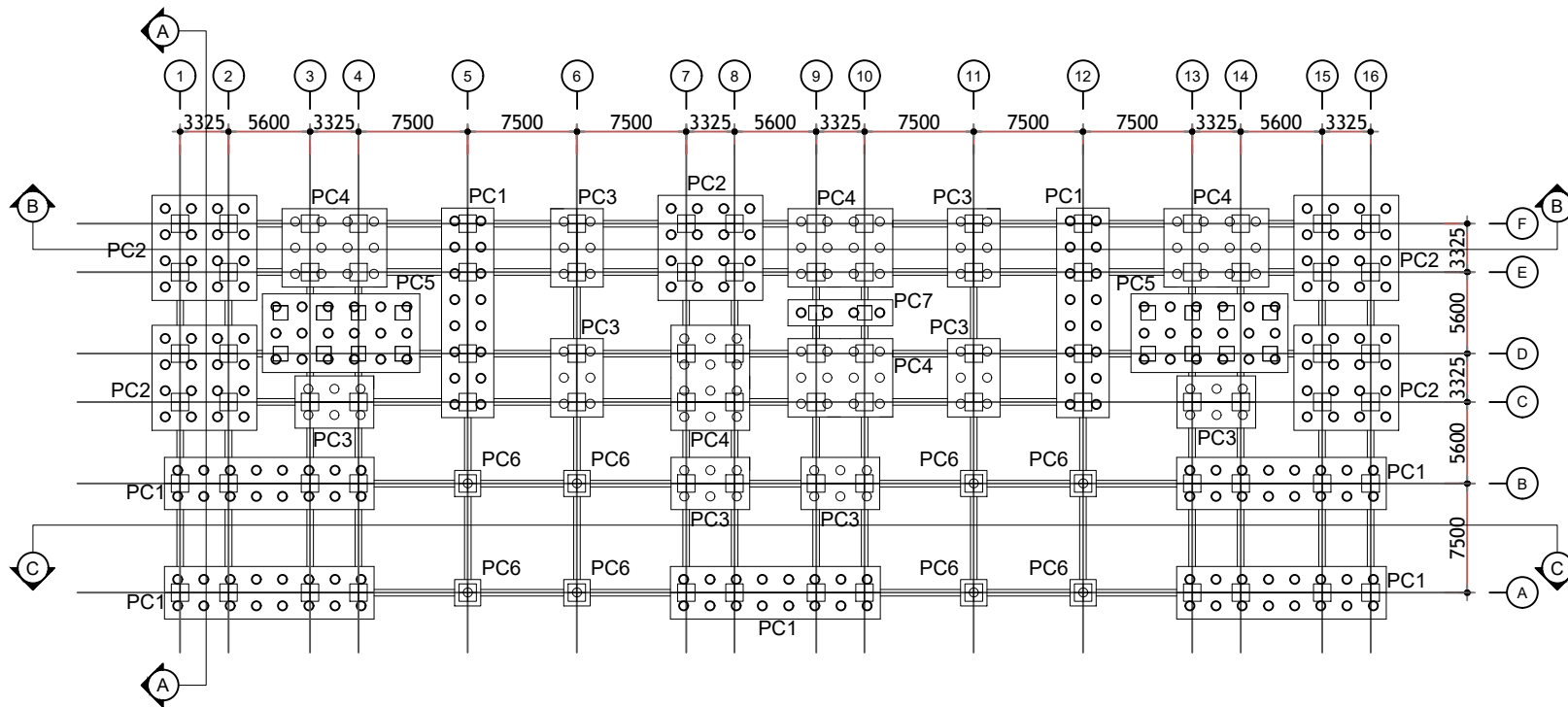
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 500

1

36



DENAH RENCANA PONDASI

SKALA 1 : 500

KETERANGAN:

- 1. PC 1 : Pilecap 1
- 2. PC 2 : Pilecap 2
- 3. PC 3 : Pilecap 3
- 4. PC 4 : Pilecap 4
- 5. PC 5 : Pilecap 5
- 6. PC 6 : Pilecap 6
- 7. PC 7 : Pilecap 7



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

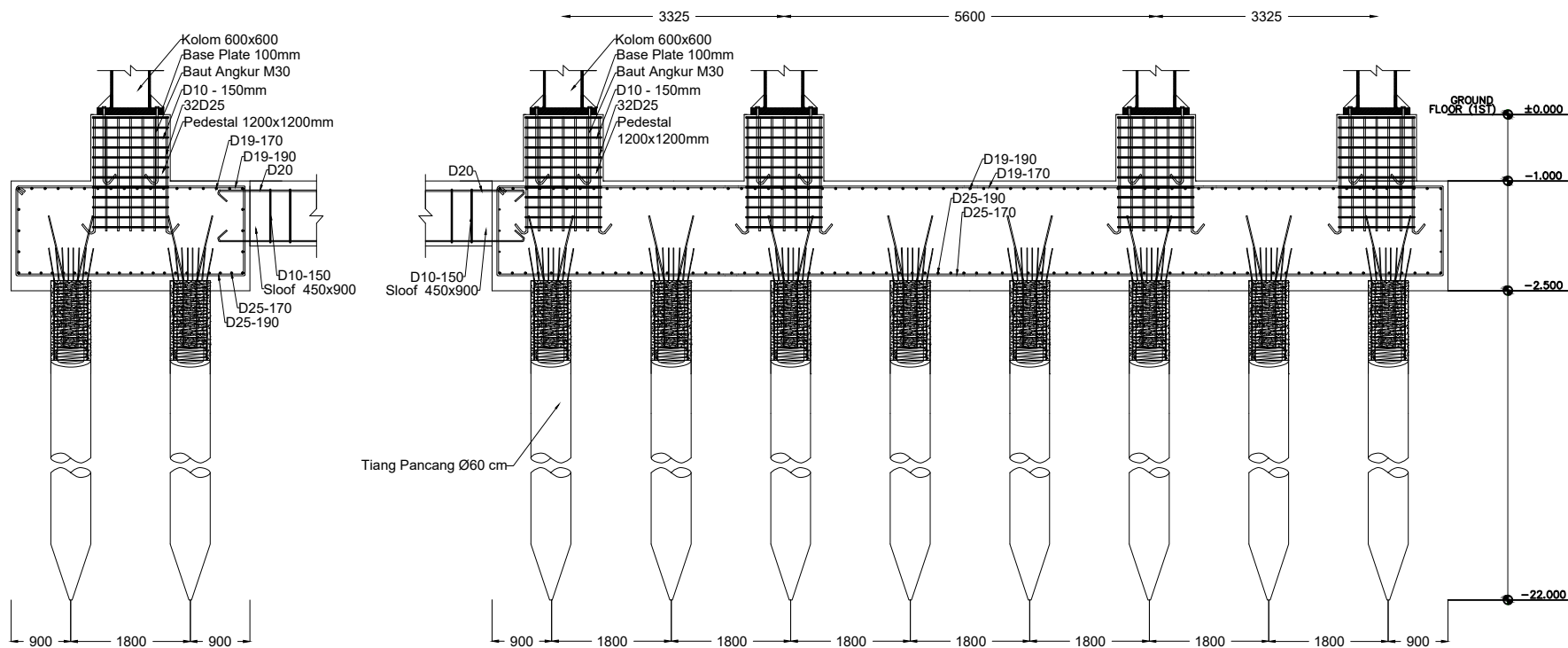
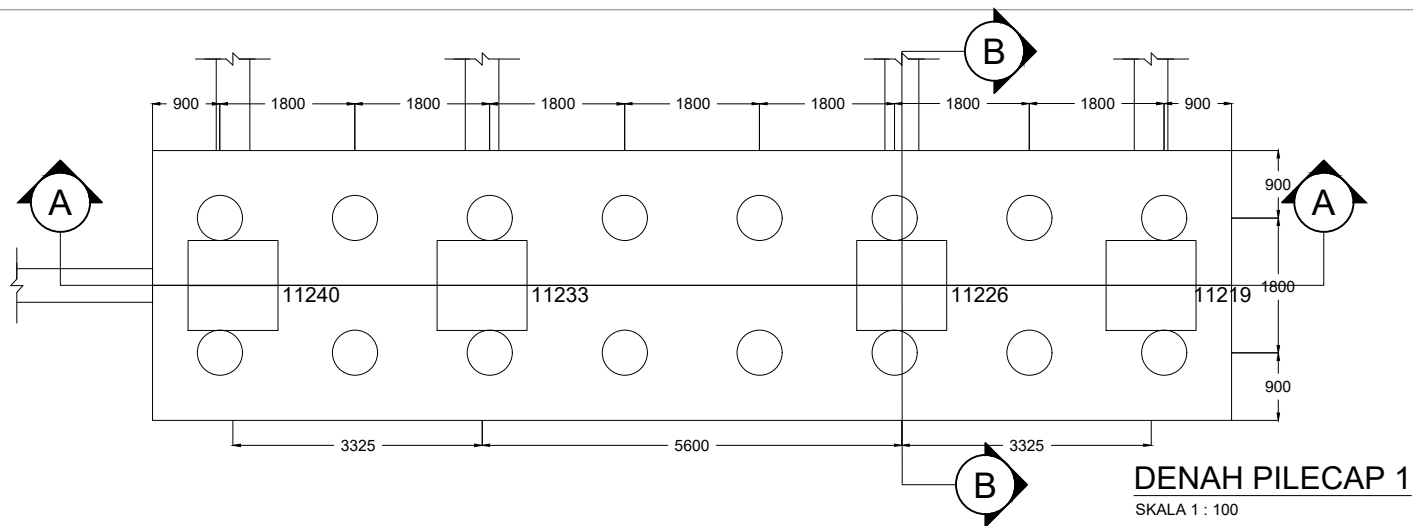
Arif Rijal

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

Detail Pilecap 1

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1 : 100	2	36



POTONGAN B - B
SKALA 1 : 100



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Detail Pilecap 2

Skala

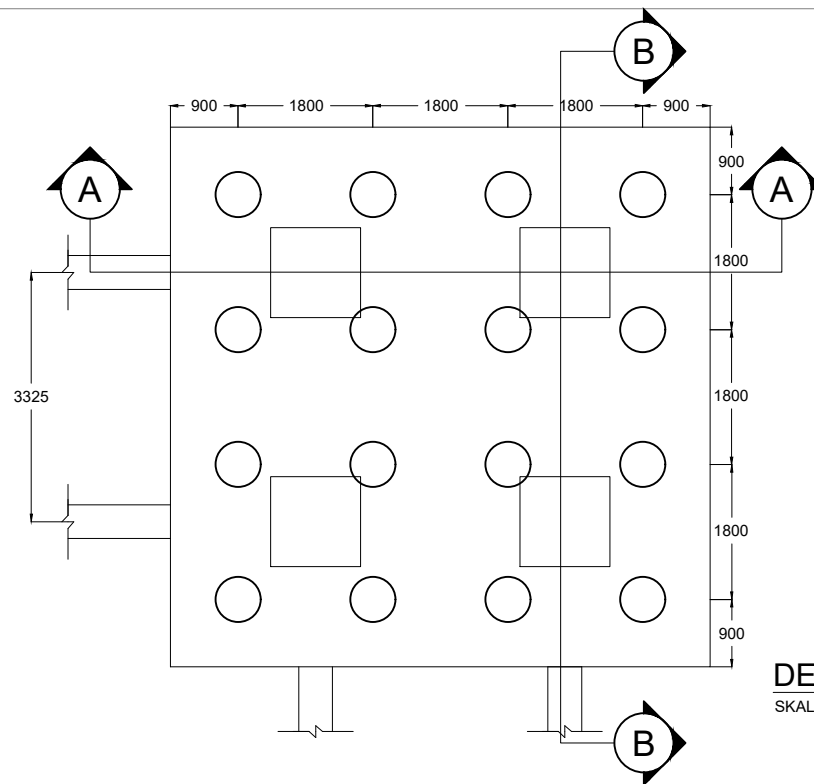
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 100

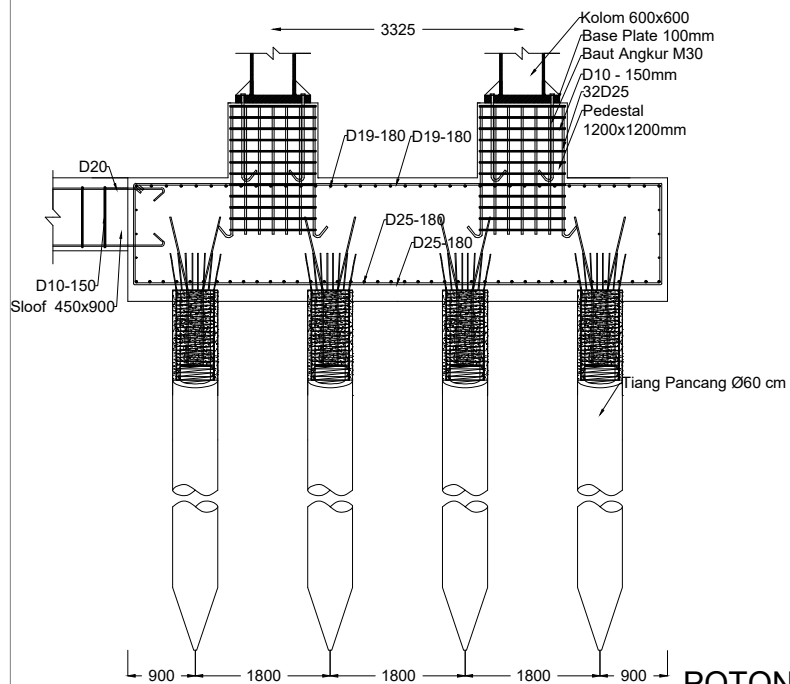
3

36



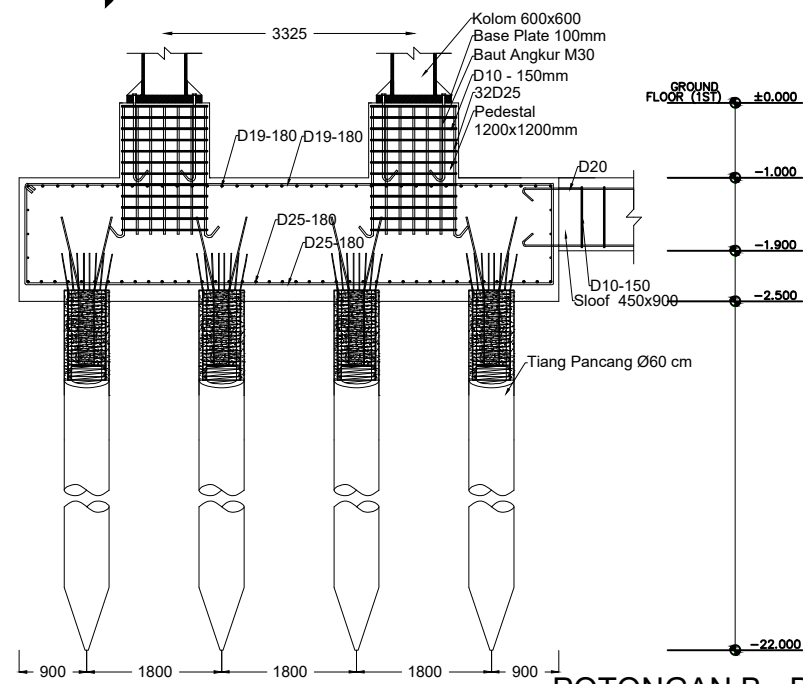
DENAH PILECAP 2

SKALA 1 : 100



POTONGAN A - A

SKALA 1 : 100



POTONGAN B - B

SKALA 1 : 100



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Detail Pilecap 3

Skala

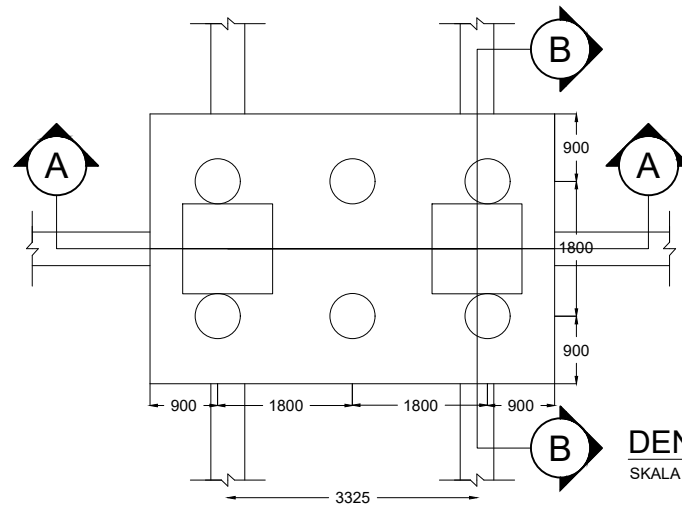
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 100

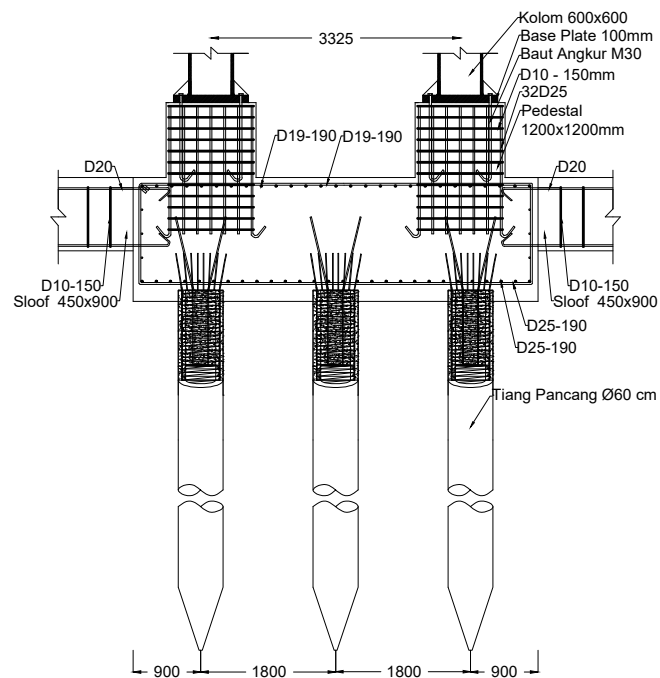
4

36



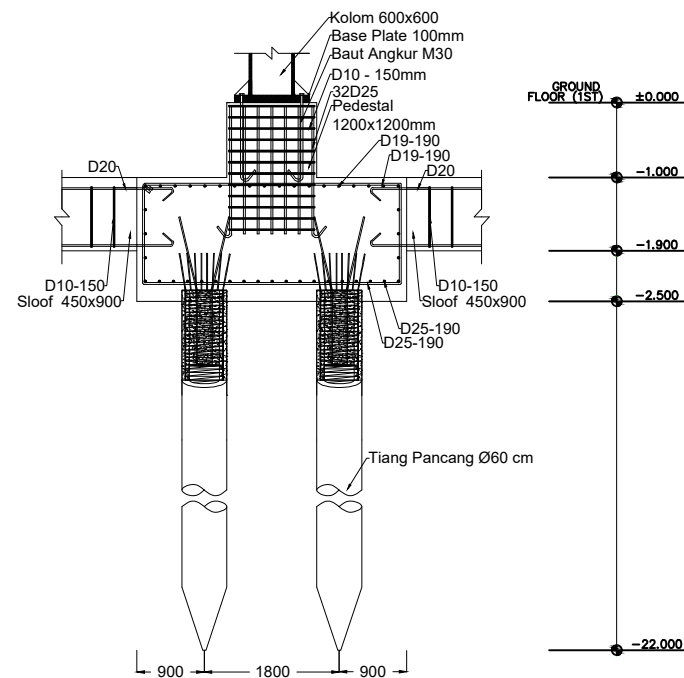
DENAH PILECAP 3

SKALA 1 : 100



POTONGAN A - A

SKALA 1 : 100



POTONGAN B - B

SKALA 1 : 100



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Detail Pilecap 4

Skala

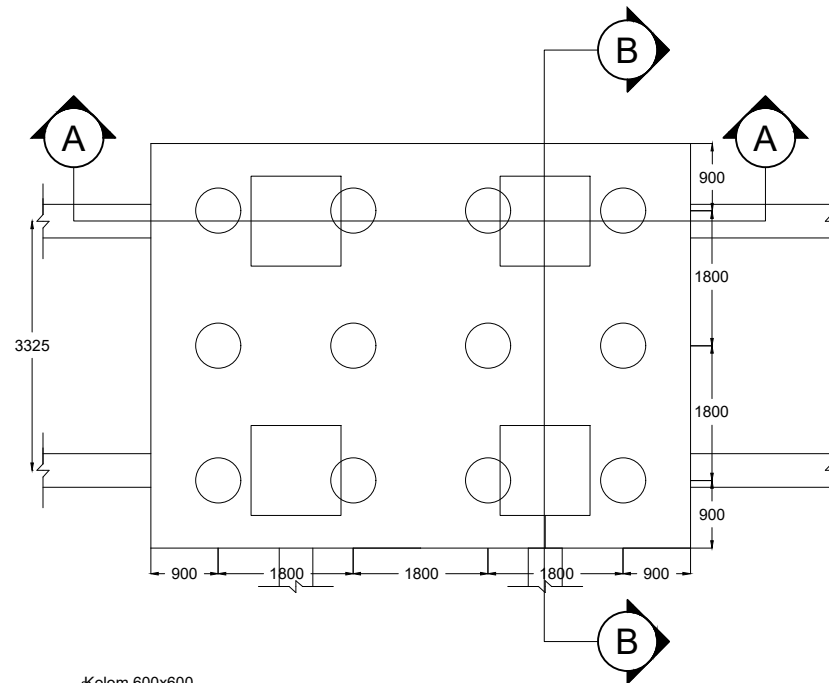
No
Gambar

Jumlah
Gambar

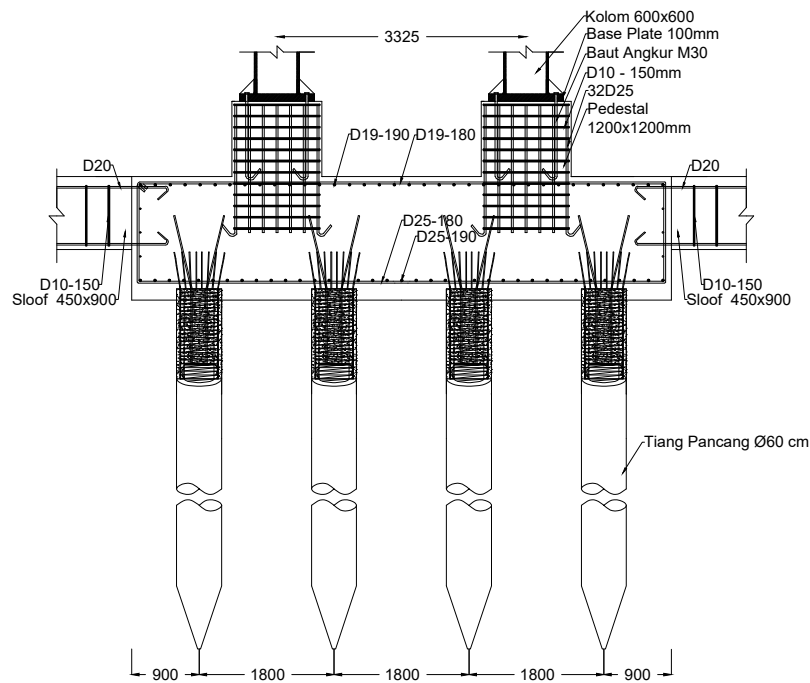
1 : 100

5

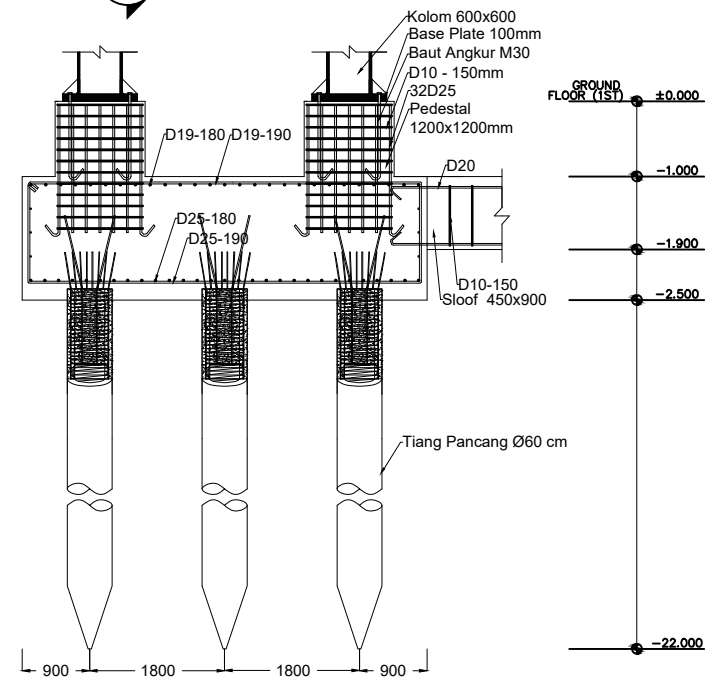
36



DENAH PILECAP 4
SKALA 1 : 100



POTONGAN A - A
SKALA 1 : 100



POTONGAN B - B
SKALA 1 : 100



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Detail Pilecap 5

Skala

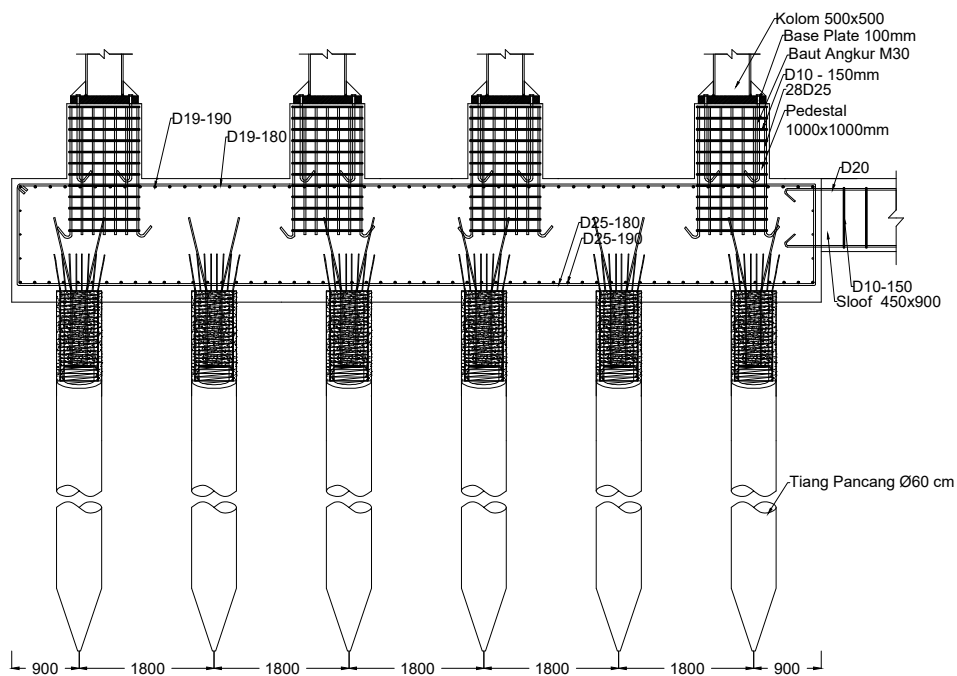
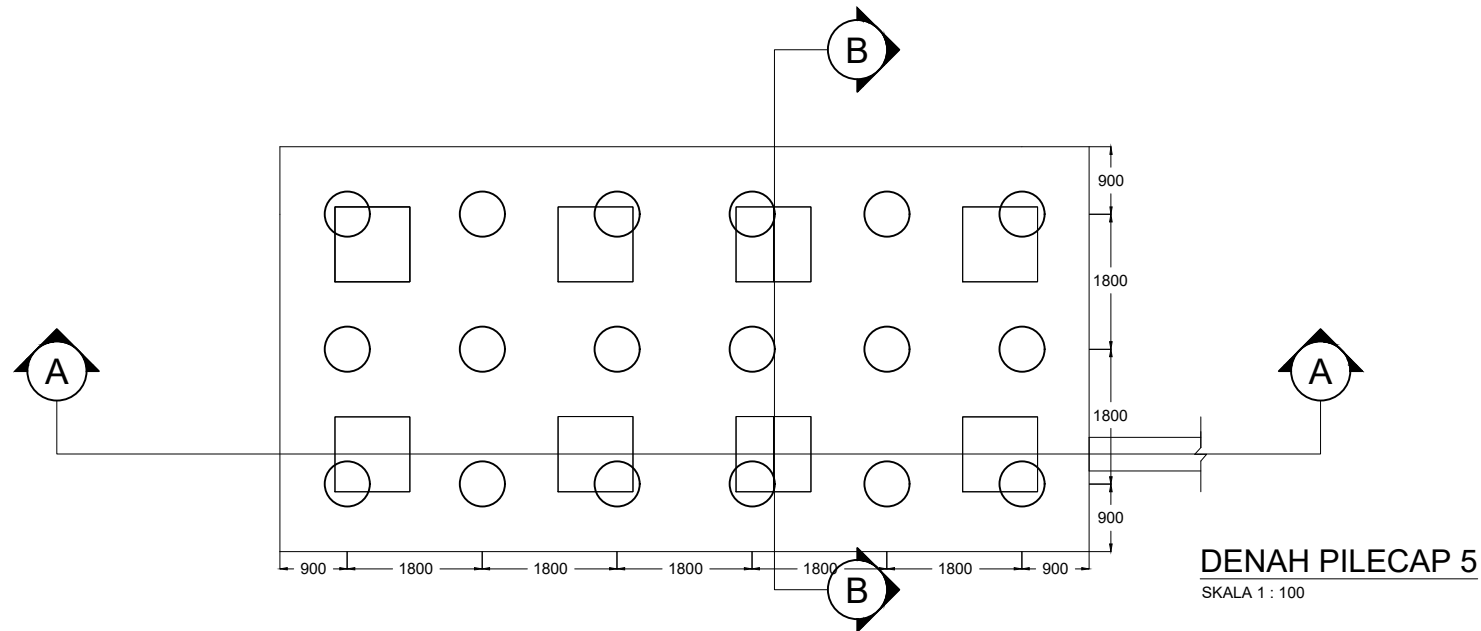
No
Gambar

Jumlah
Gambar

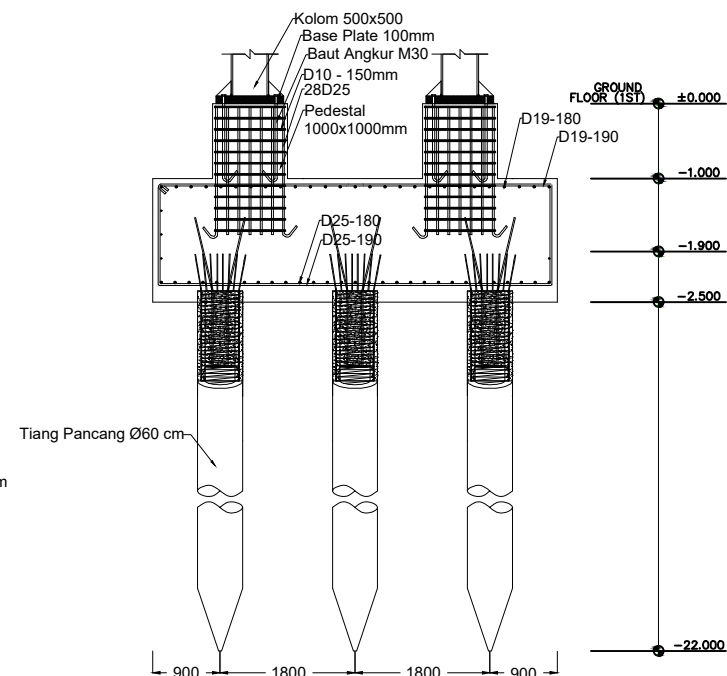
1 : 100

6

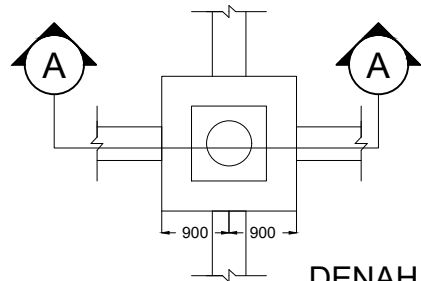
36



POTONGAN A - A
SKALA 1 : 100

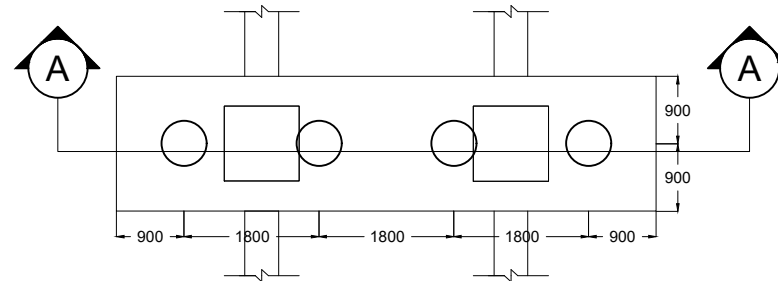


POTONGAN B - B
SKALA 1 : 100



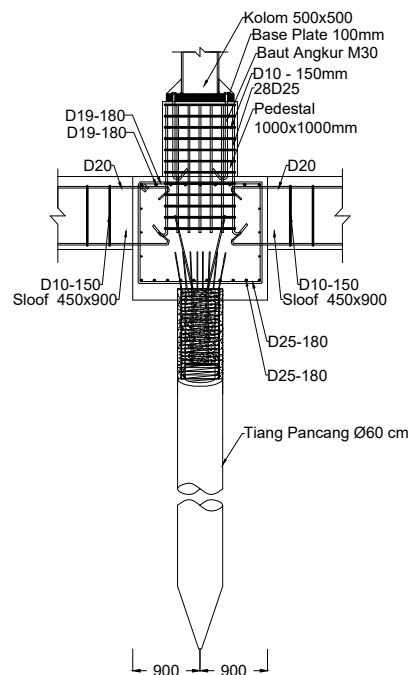
DENAH PILECAP 6

SKALA 1 : 100



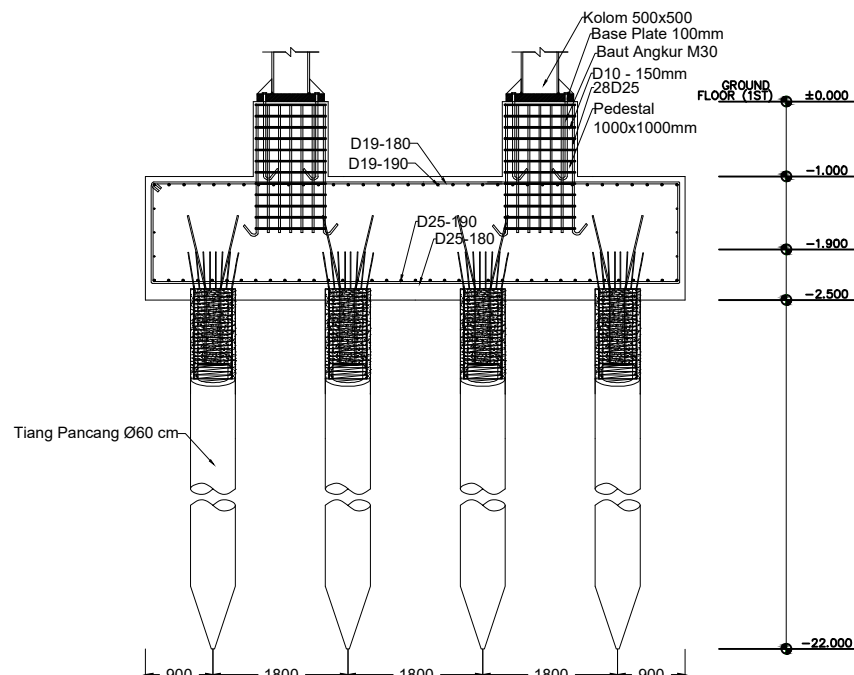
DENAH PILECAP 7

SKALA 1 : 100



POTONGAN A - A

SKALA 1 : 100



POTONGAN A - A

SKALA 1 : 100



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Detail Pilecap 6 dan 7

Skala

No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 100

7

36



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Denah Kolom dan Bresing Lt. 1- Lt.2

Skala

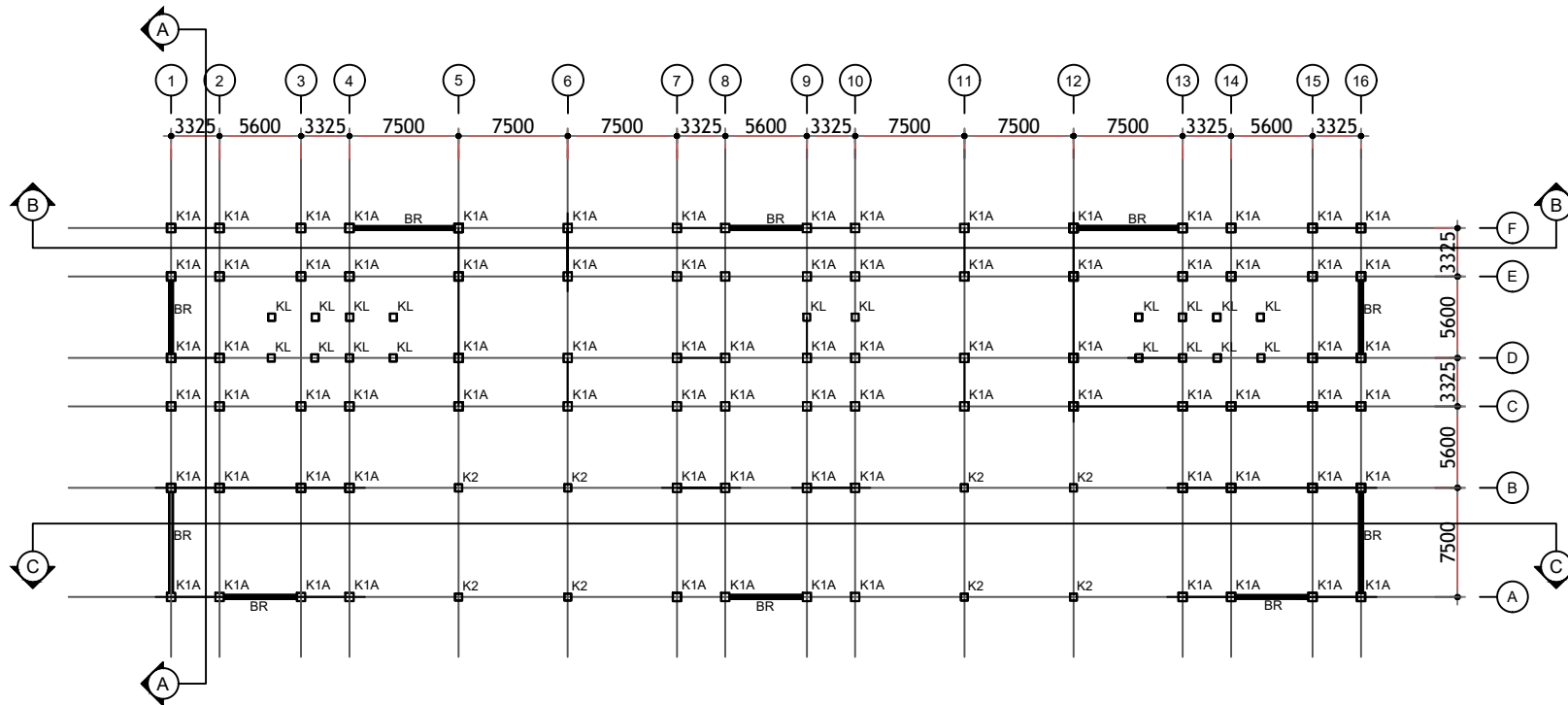
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 500

8

36



DENAH KOLOM & BRESING LT.1 - LT. 2

SKALA 1 : 500

KETERANGAN:

1. K1A : Kolom ukuran 600x600
2. K2 : Kolom ukuran 500x500
3. KL : Kolom Lift ukuran 500x500
4. BR : Bresing WF 600x300x12x20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Denah Kolom dan Bresing Lt. 3- Lt.7

Skala

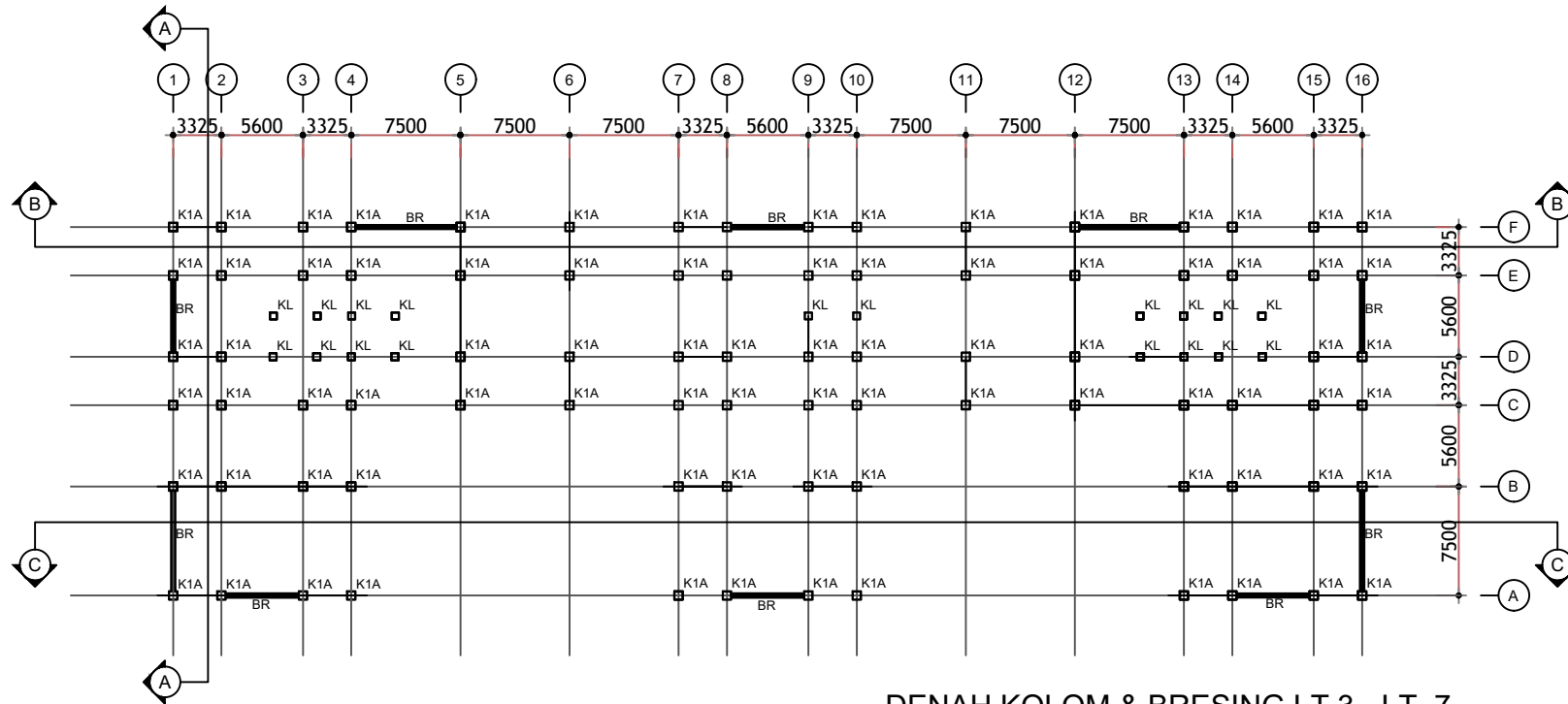
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 500

9

36



DENAH KOLOM & BRESING LT.3 - LT. 7

SKALA 1 : 500

KETERANGAN:

1. K1A : Kolom ukuran 600x600
2. KL : Kolom Lift ukuran 500x500
3. BR : Bresing WF 600x300x12x20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Denah Kolom dan Bresing Lt. 8- Lt.15

Skala

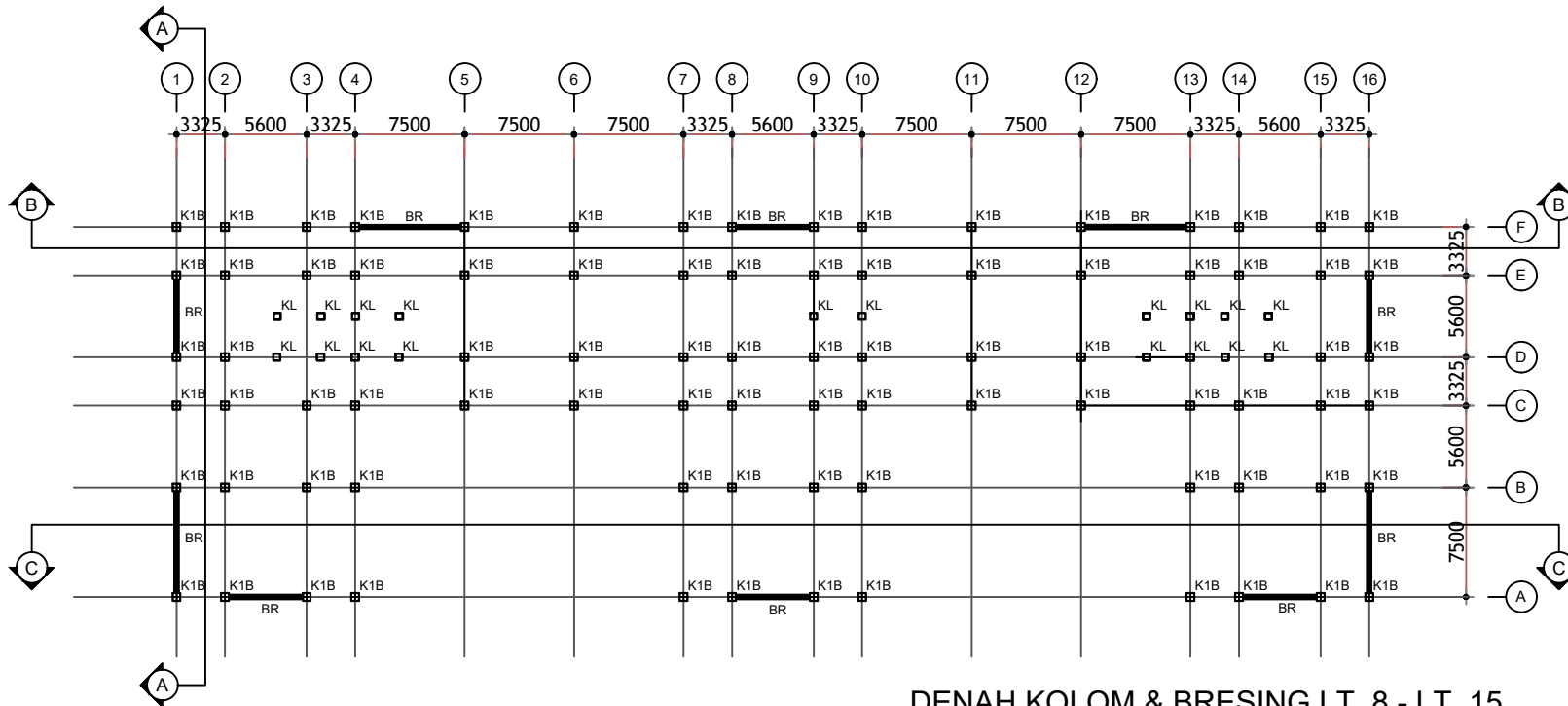
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 500

10

36



DENAH KOLOM & BRESING LT. 8 - LT. 15

SKALA 1 : 500

KETERANGAN:

1. K1B : Kolom ukuran 550x550
2. KL : Kolom Lift ukuran 500x500
3. BR : Bresing WF 600x300x12x20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Denah Kolom dan Bresing Lt. 15- Lt.22

Skala

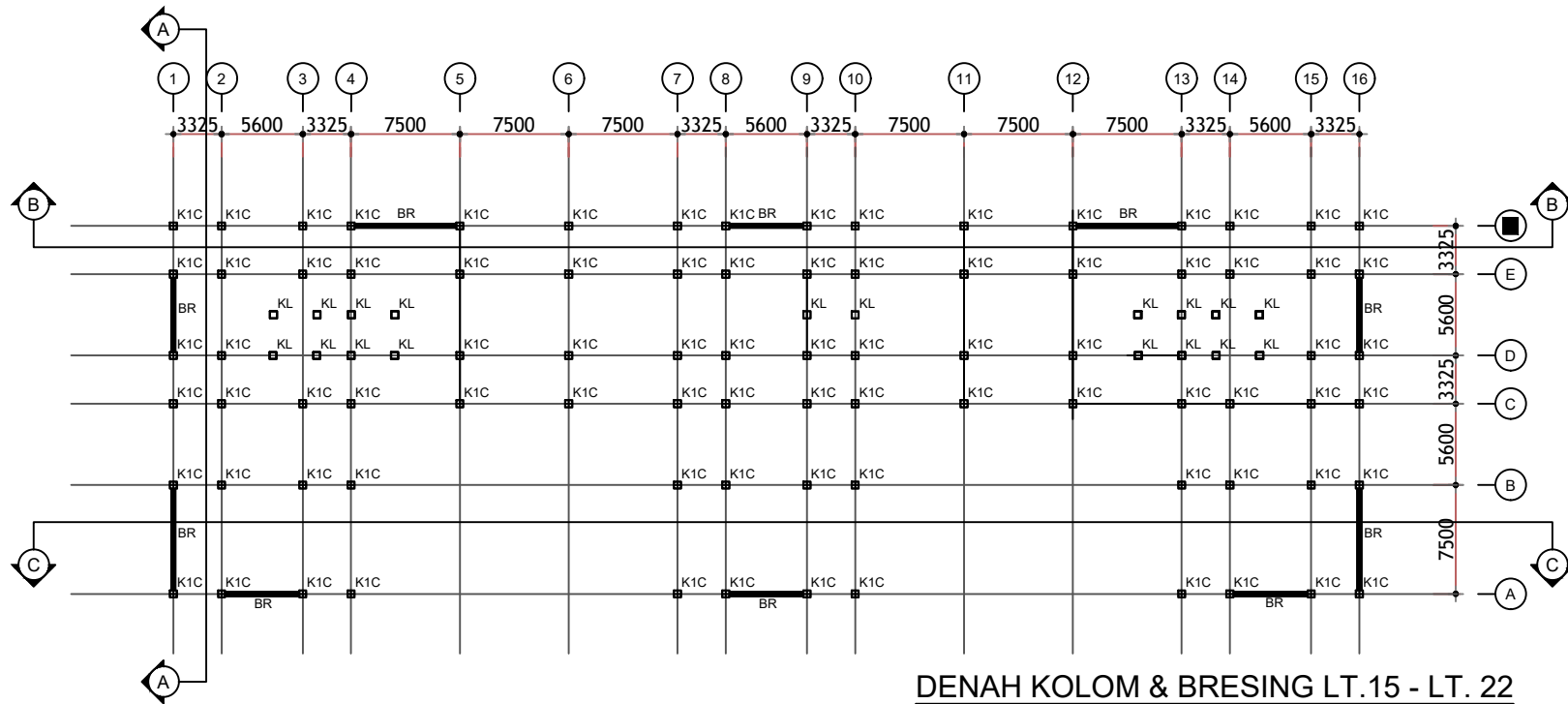
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 500

11

36



DENAH KOLOM & BRESING LT.15 - LT. 22

SKALA 1 : 500

KETERANGAN:

1. K1C : Kolom ukuran 500x500
2. KL : Kolom Lift ukuran 500x500
3. BR : Bresing WF 600x300x12x20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Denah Pembalokkan Lt. 1

Skala

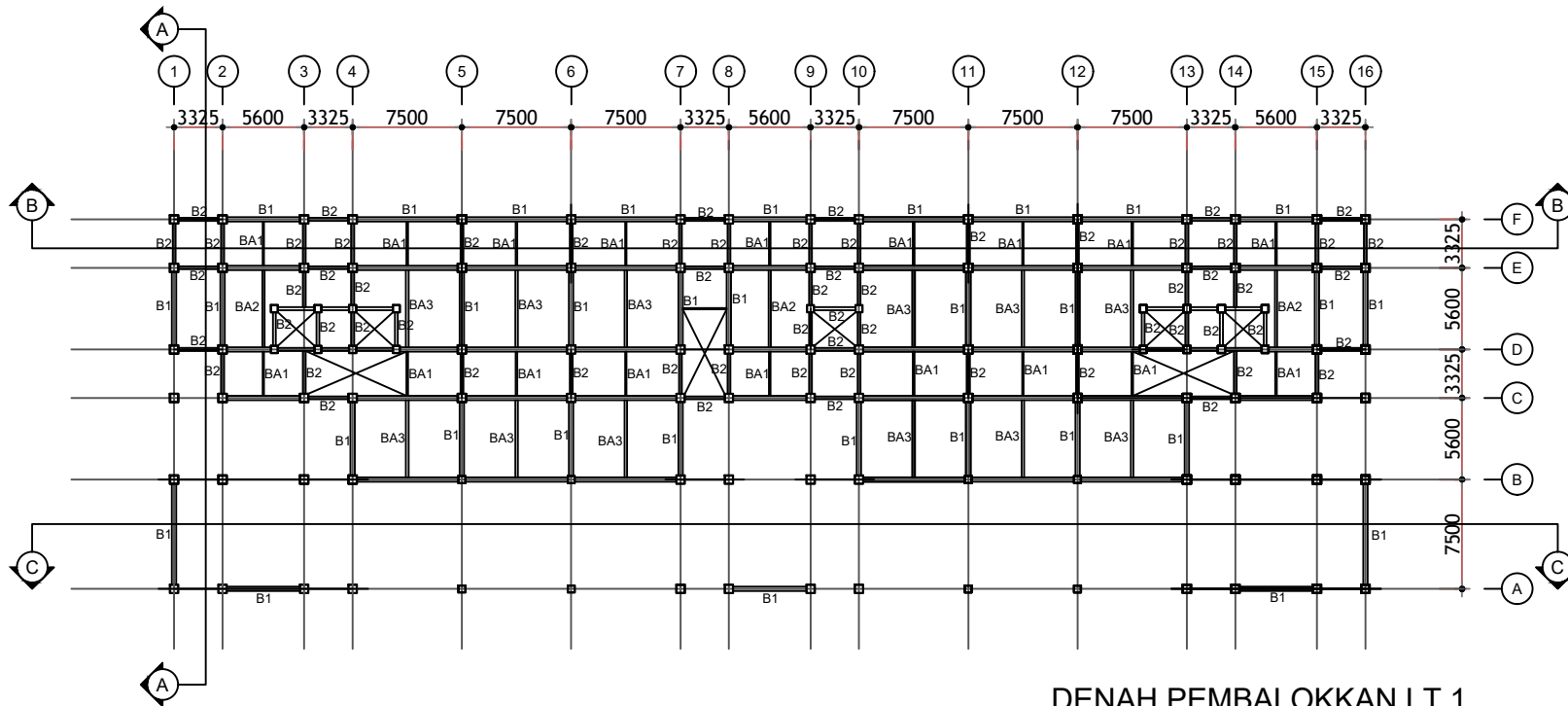
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 500

12

36



DENAH PEMBALOKKAN LT.1

SKALA 1 : 500

KETERANGAN:

1. B1 : Balok Induk WF 500x300x11x15
2. B2 : Balok Induk WF 450x200x9x14
3. BA1 : Balok Anak 1 WF 200x100x5,5x8
4. BA2 : Balok Anak 2 WF 300x150x6,5x9
5. BA3 : Balok Anak 3 WF 350x175x6x9



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Denah Pembalokkan Lt. 2

Skala

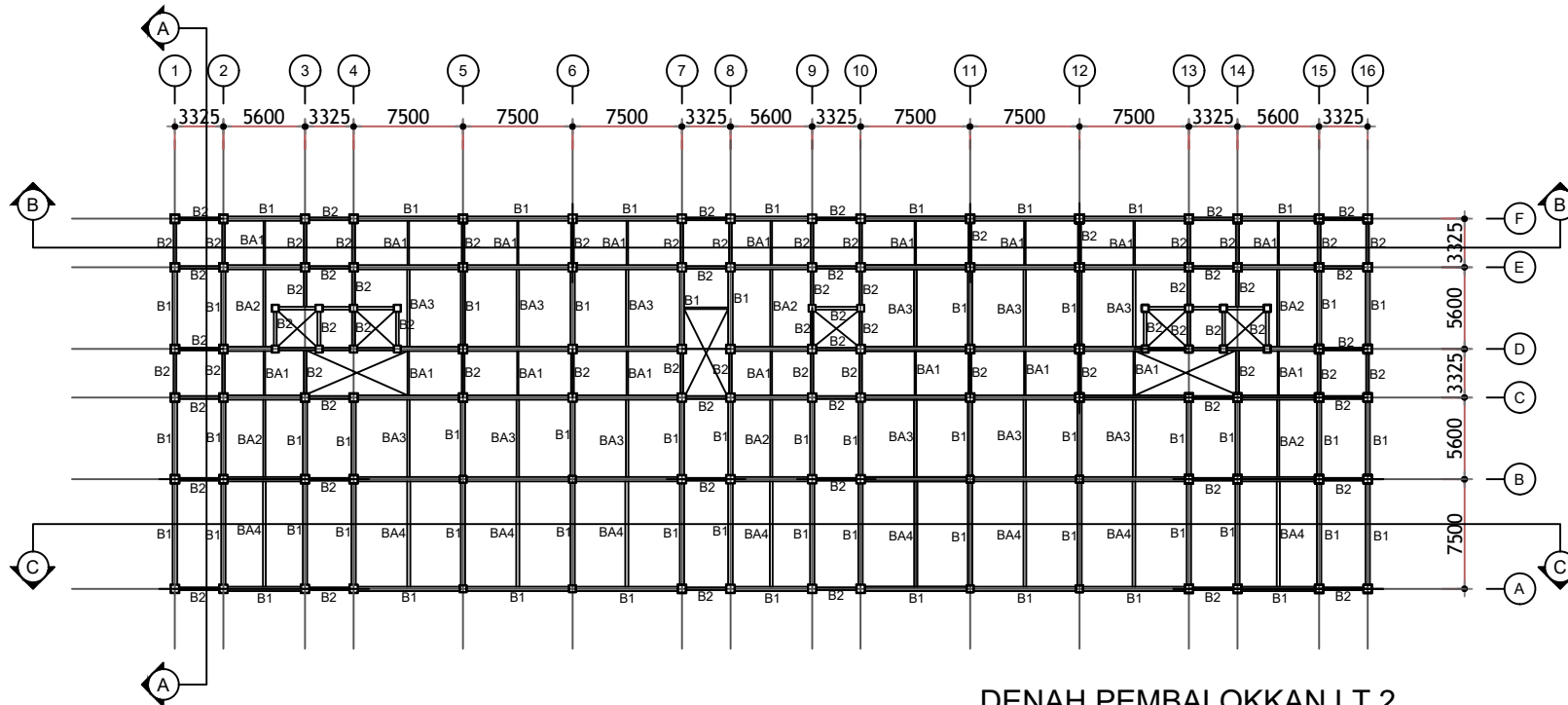
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 500

13

36



DENAH PEMBALOKKAN LT.2

SKALA 1 : 500

KETERANGAN:

1. B1 : Balok Induk WF 500x300x11x15
2. B2 : Balok Induk WF 450x200x9x14
3. BA1 : Balok Anak 1 WF 200x100x5,5x8
4. BA2 : Balok Anak 2 WF 300x150x6,5x9
5. BA3 : Balok Anak 3 WF 350x175x6x9
6. BA4 : Balok Anak 4 WF 400x200x8x13



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Denah Pembalokkan Lt. 3 - Lt. 21

Skala

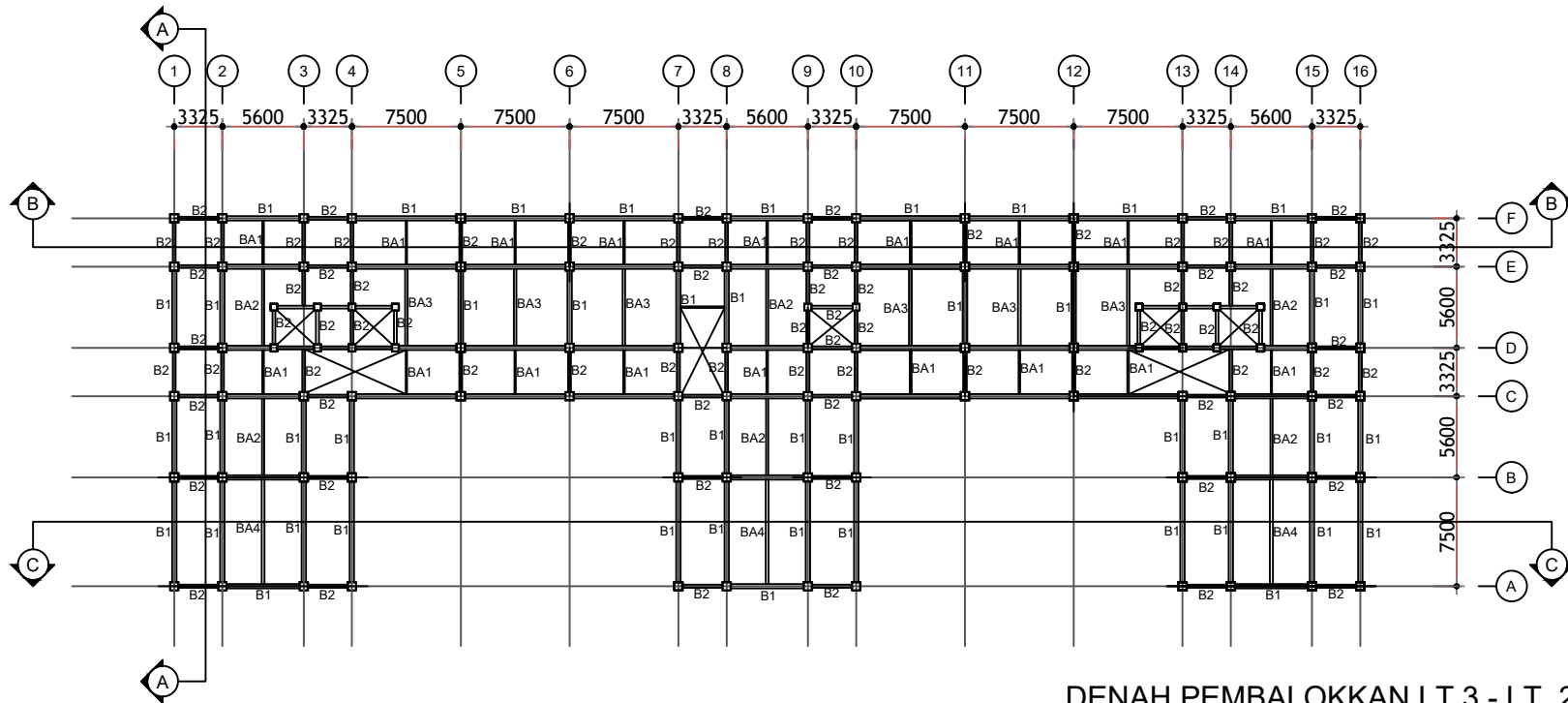
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 500

14

36



DENAH PEMBALOKKAN LT.3 - LT. 21

SKALA 1 : 500

KETERANGAN:

1. B1 : Balok Induk WF 500x300x11x15
2. B2 : Balok Induk WF 450x200x9x14
3. BA1 : Balok Anak 1 WF 200x100x5,5x8
4. BA2 : Balok Anak 2 WF 300x150x6,5x9
5. BA3 : Balok Anak 3 WF 350x175x6x9
6. BA4 : Balok Anak 4 WF 400x200x8x13



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Denah Pembalokkan Lt. Atap

Skala

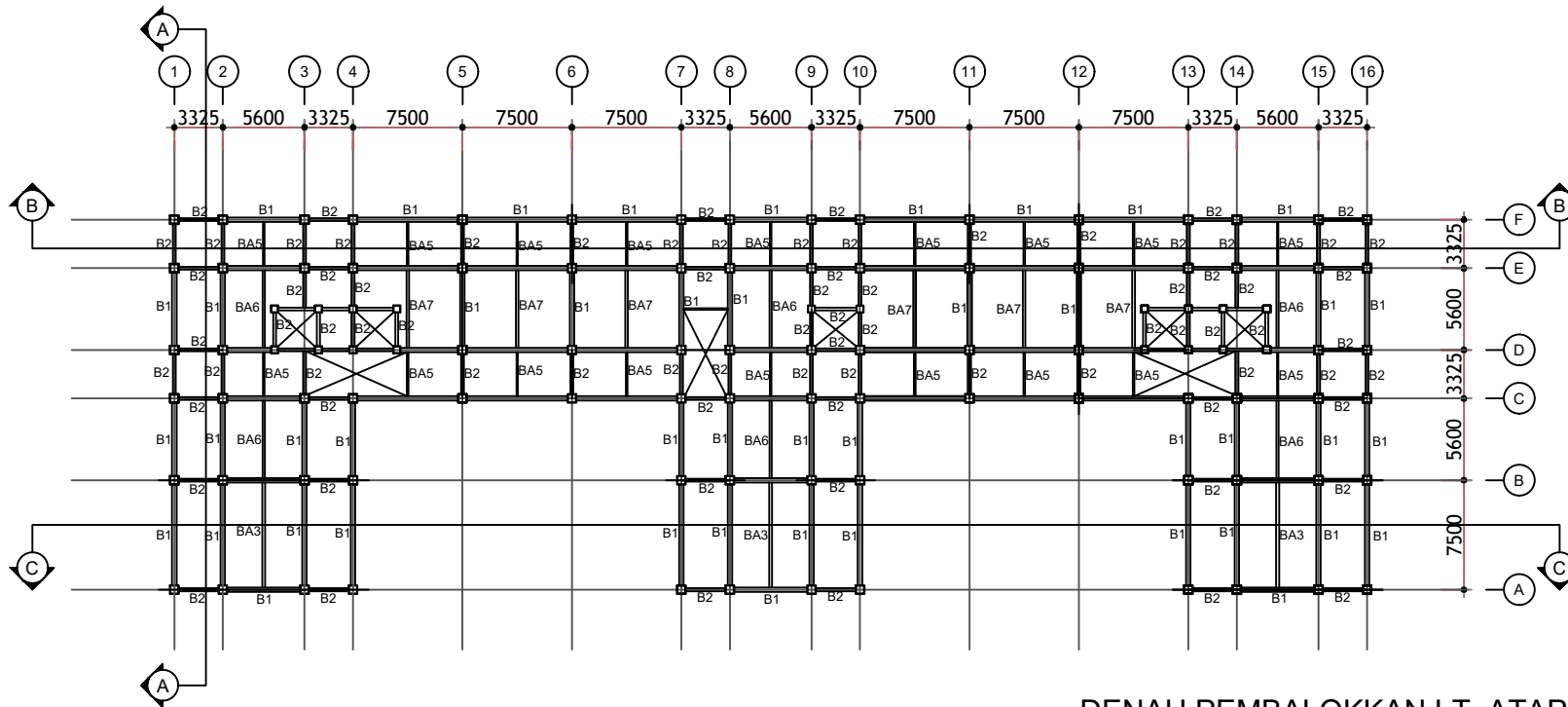
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 500

15

36

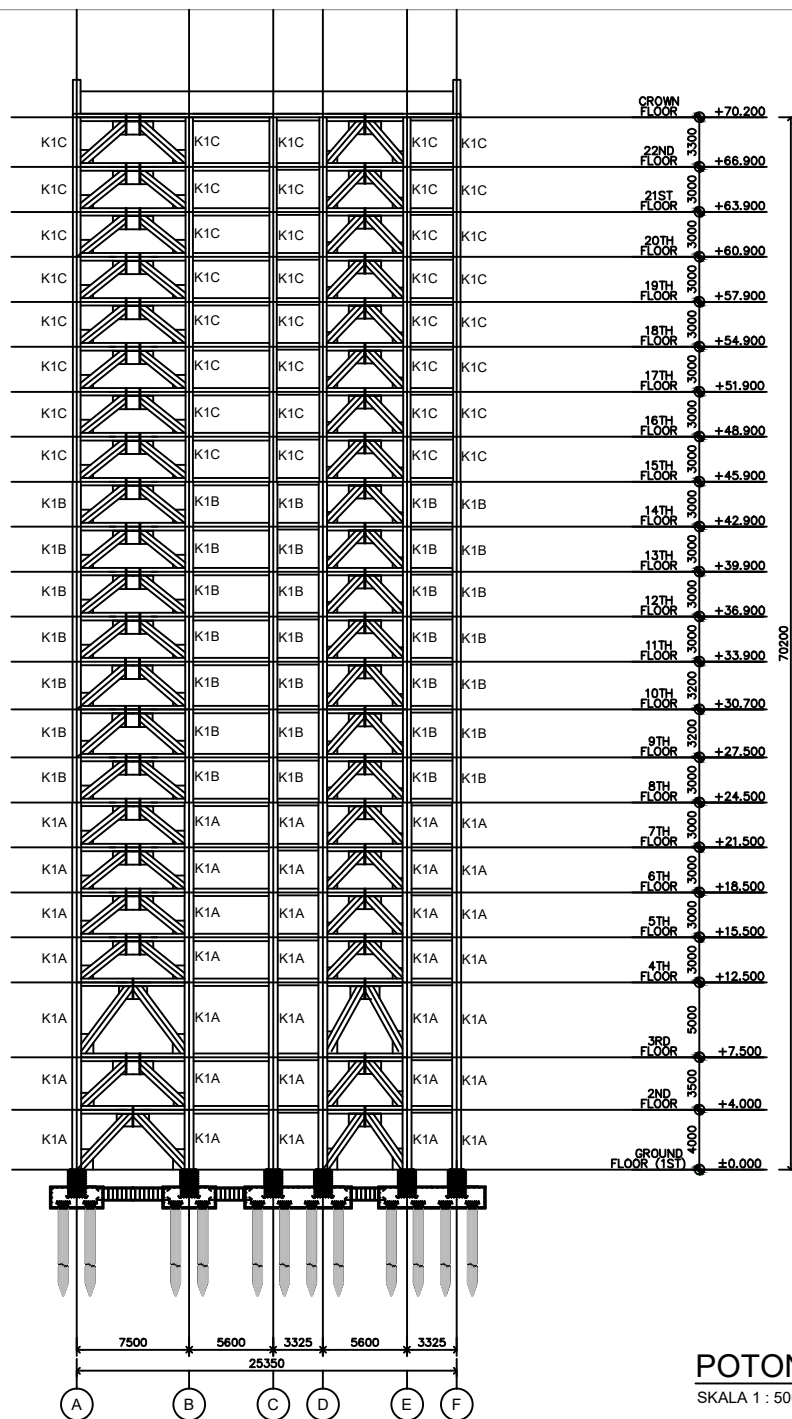


DENAH PEMBALOKKAN LT. ATAP

SKALA 1 : 500

KETERANGAN:

1. B1 : Balok Induk WF 500x300x11x15
2. B2 : Balok Induk WF 450x200x9x14
3. BA3 : Balok Anak 3 WF 350x175x6x9
4. BA5 : Balok Anak 5 WF 200x100x4,5x7
5. BA6 : Balok Anak 6 WF 250x125x6x9
6. BA7 : Balok Anak 7 WF 300x150x5,5x8



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Potongan Melintang A - A

Skala

No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 500

16

36



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Potongan Memanjang B - B

Skala

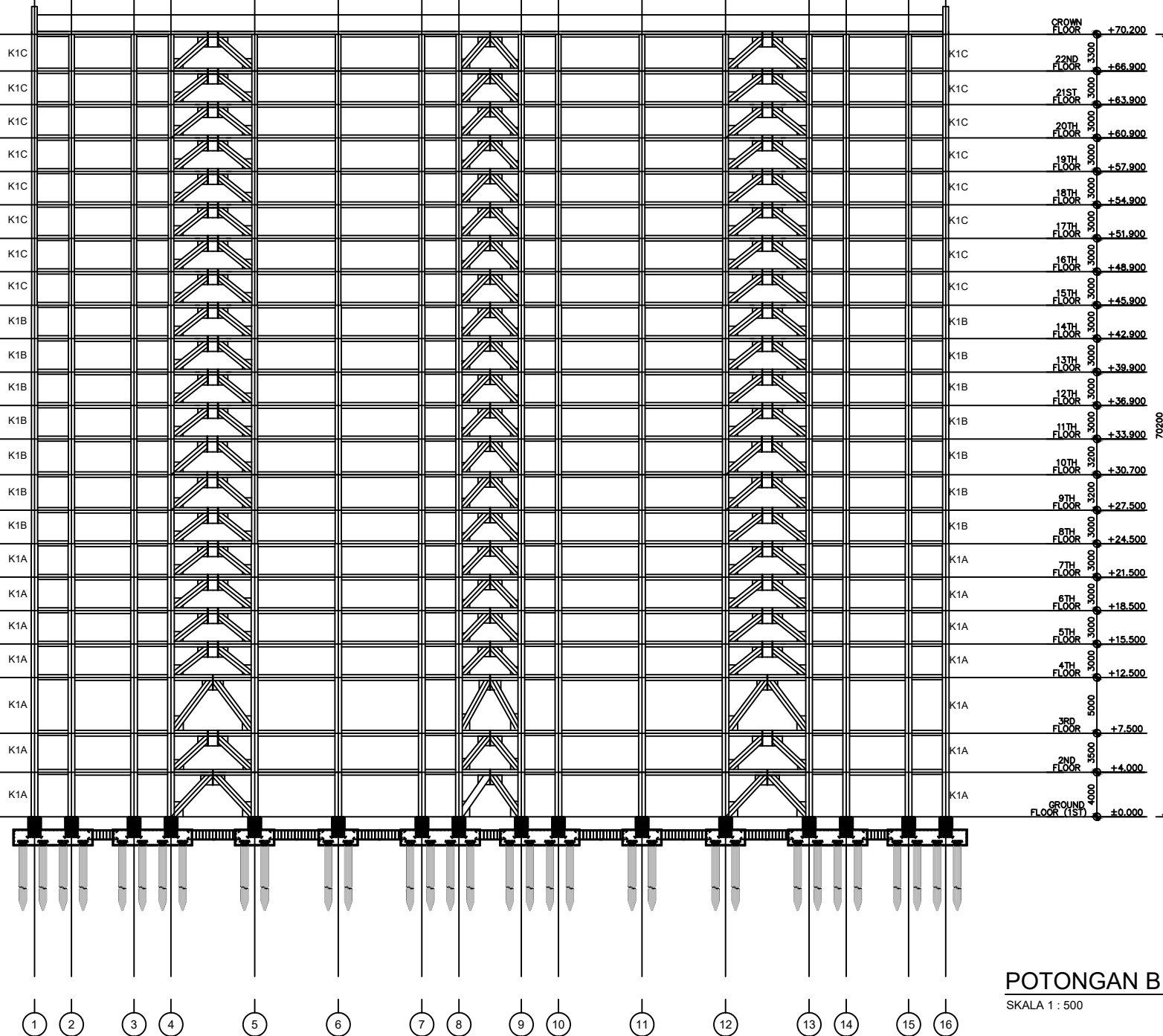
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 500

17

36





Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Potongan Memanjang C - C

Skala

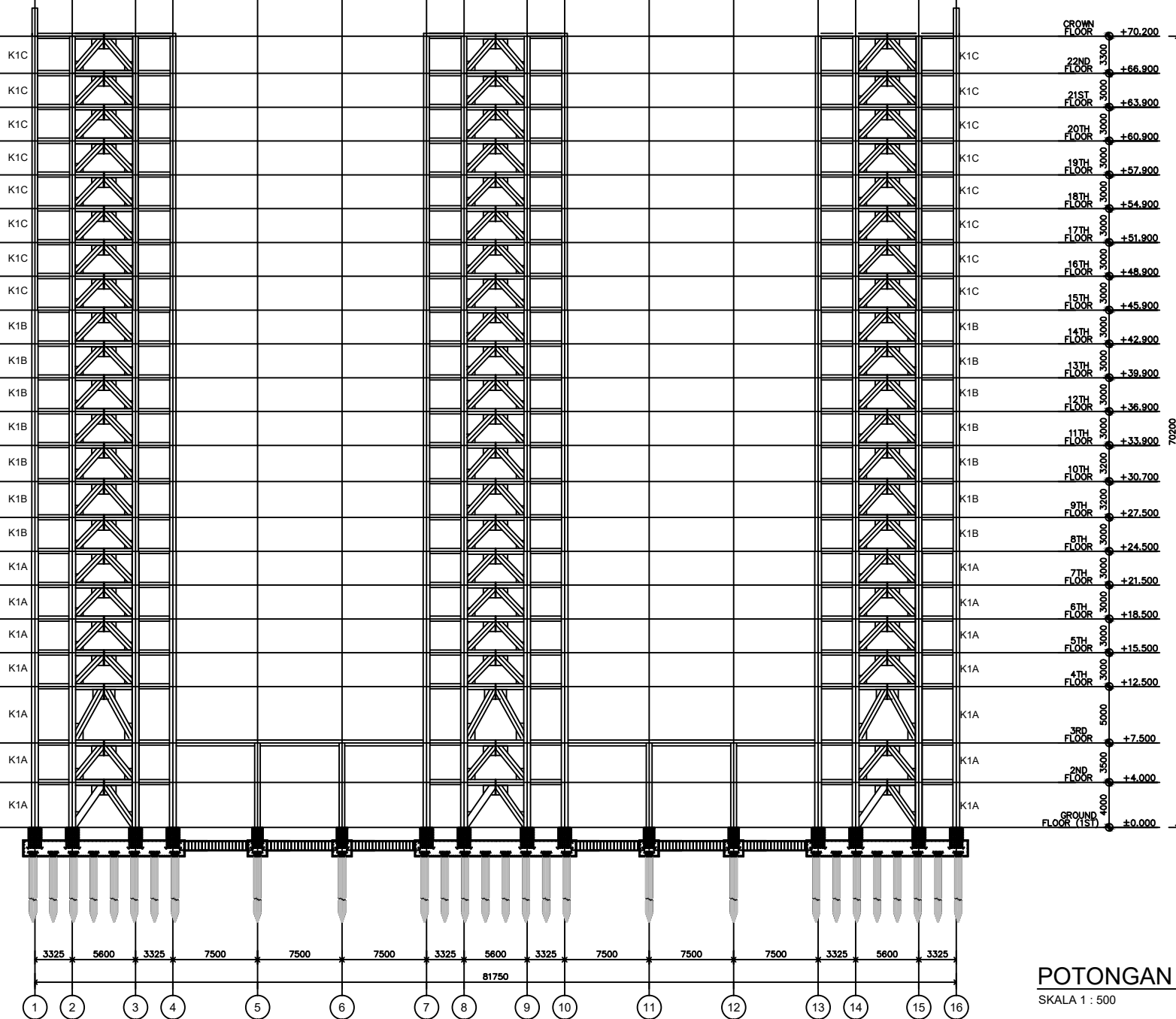
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 500

18

36



POTONGAN C - C
SKALA 1 : 500



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Detail Sambungan Balok Induk ke
Kolom

Skala

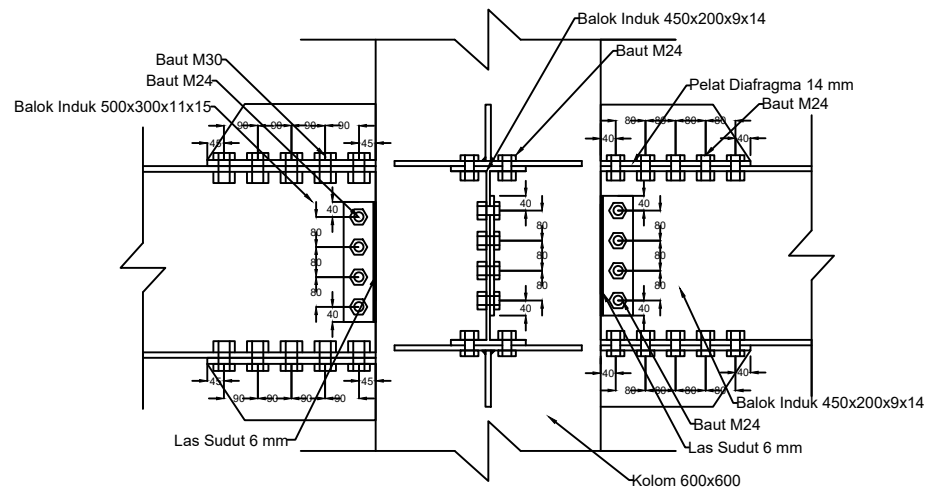
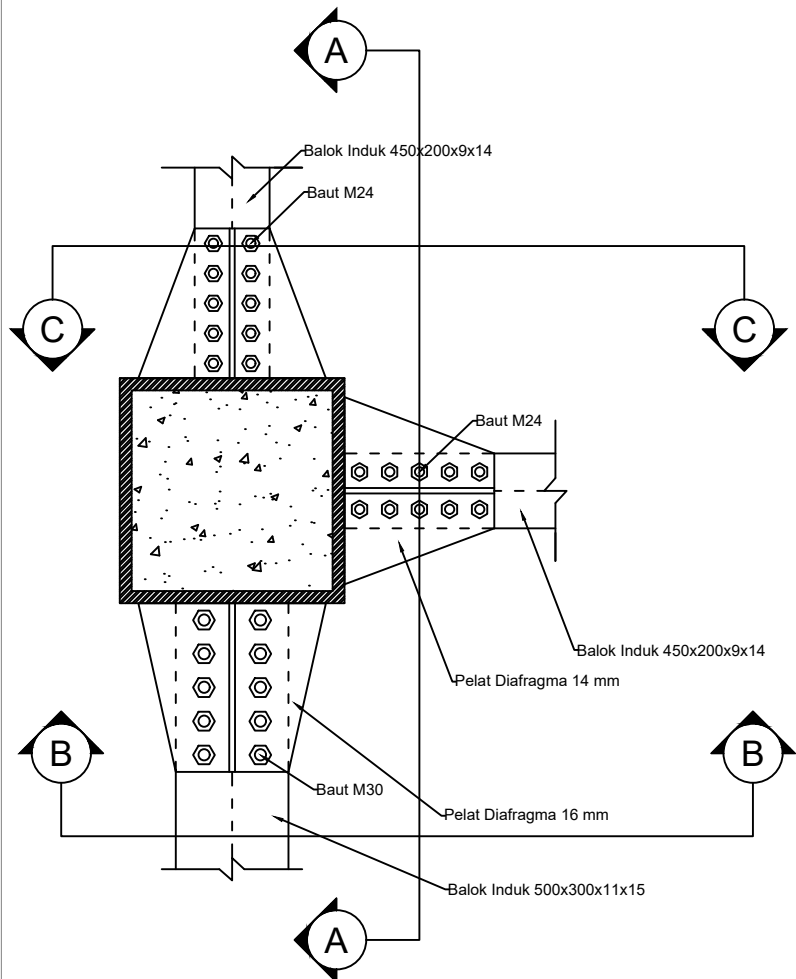
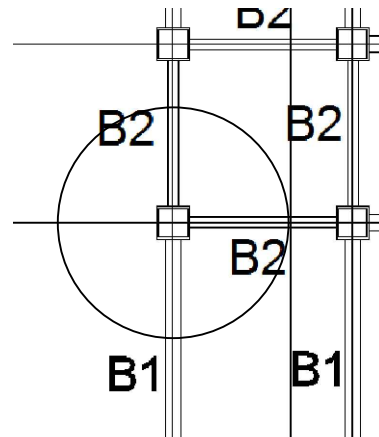
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 20

19

36



POTONGAN A - A

SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Detail Sambungan Balok Induk ke
Kolom

Skala

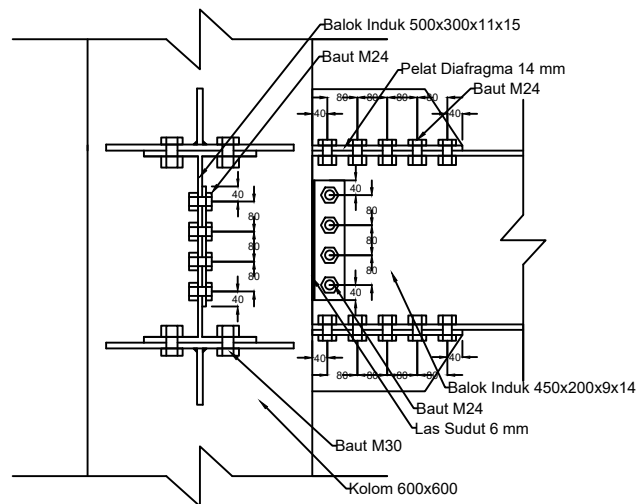
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 20

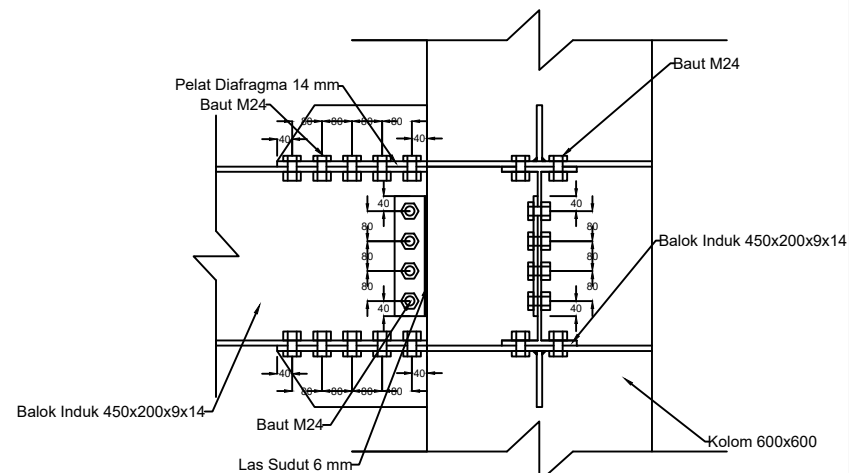
20

36



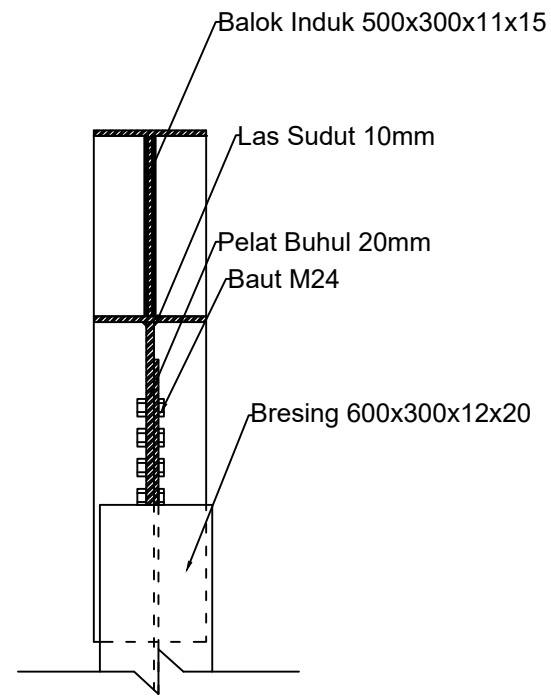
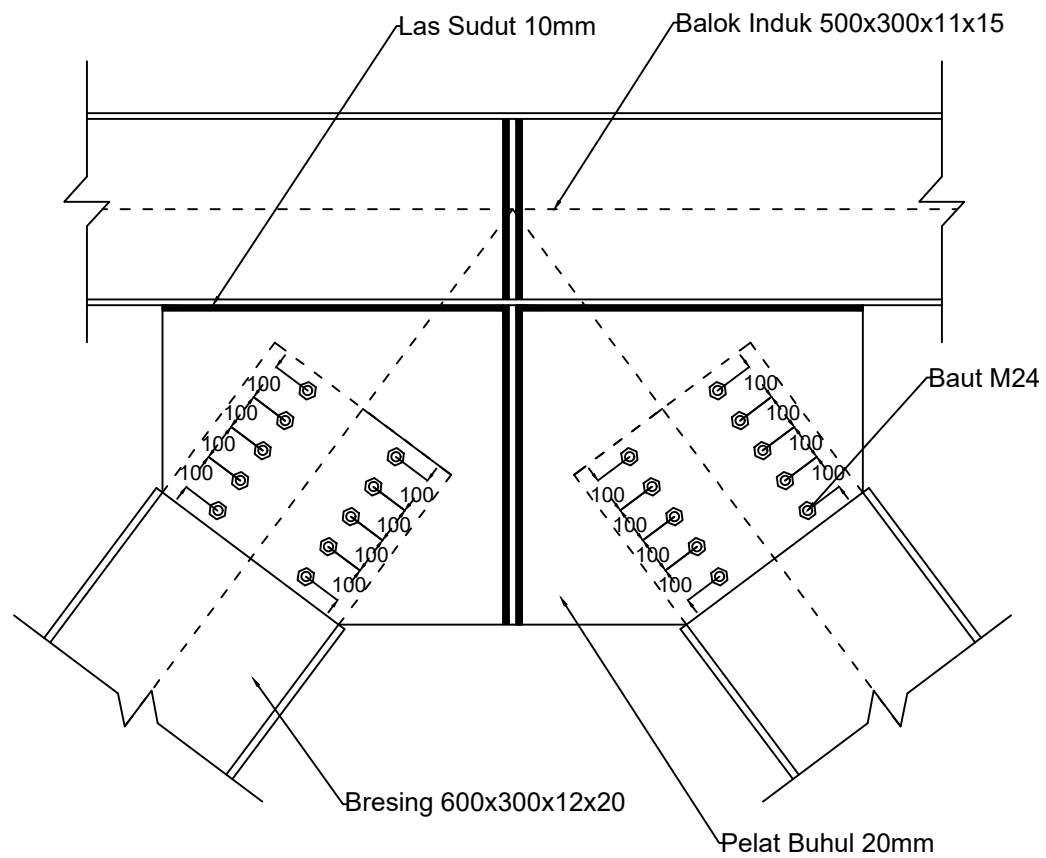
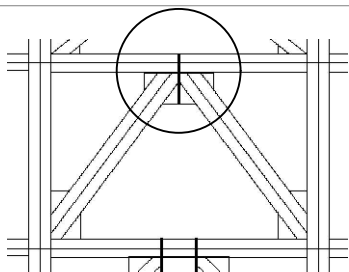
POTONGAN B - B

SKALA 1 : 20



POTONGAN C - C

SKALA 1 : 20



**DETAIL SAMBUNGAN BRESING
ATAS UNTUK LANTAI 5 m**
SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

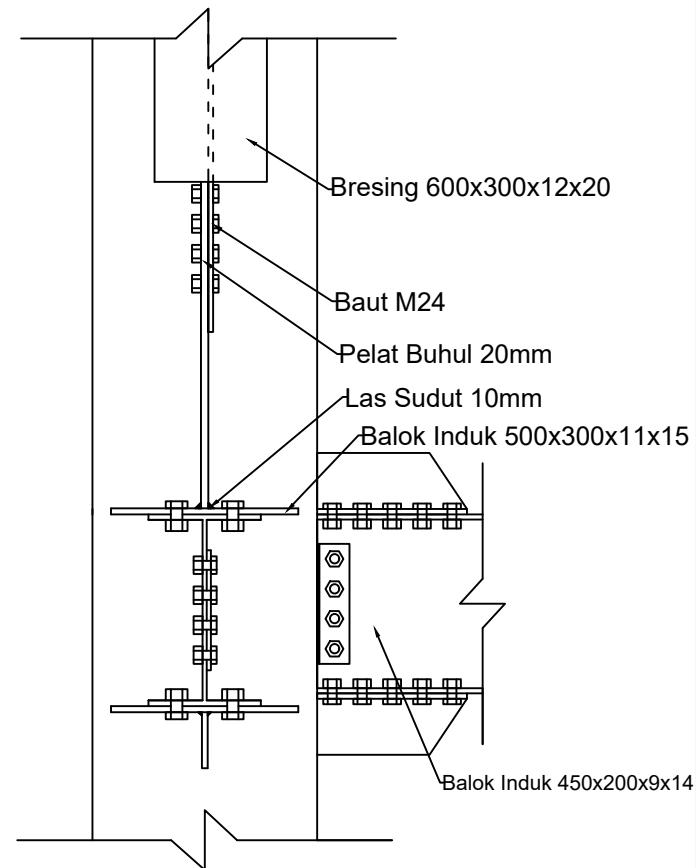
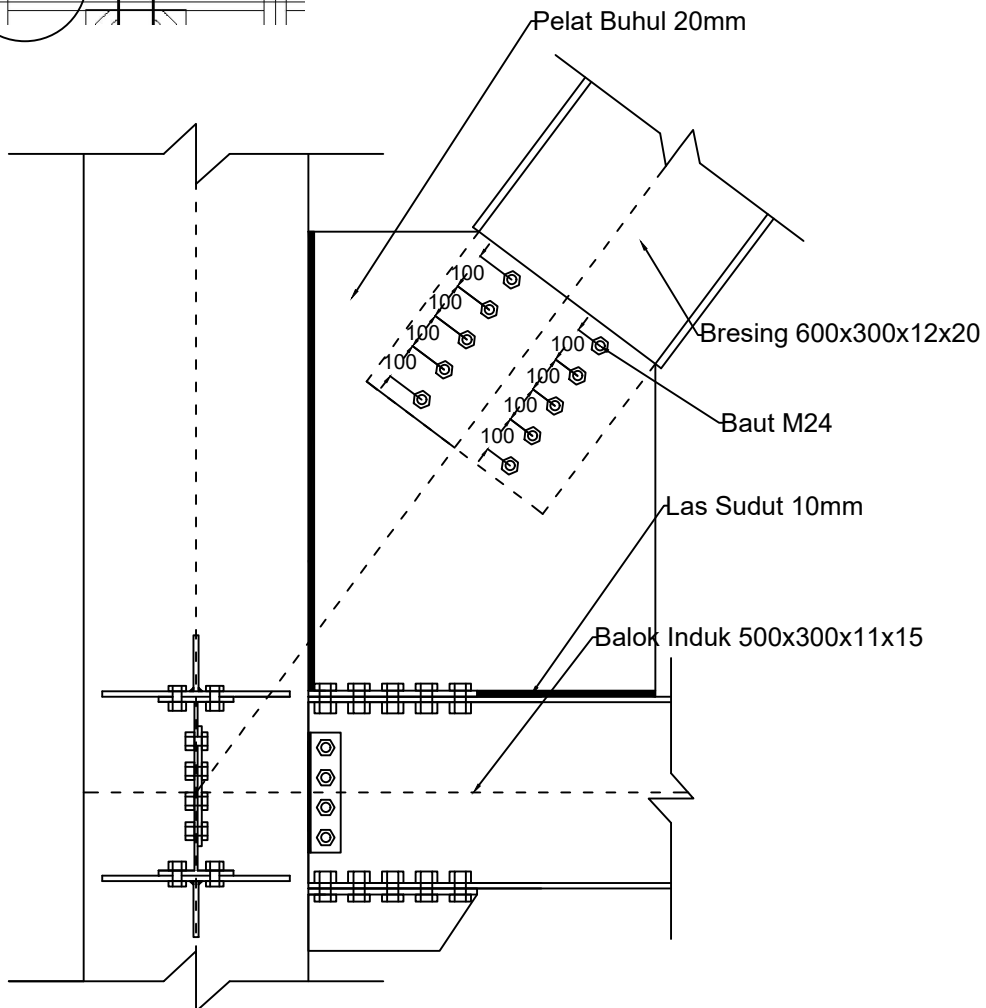
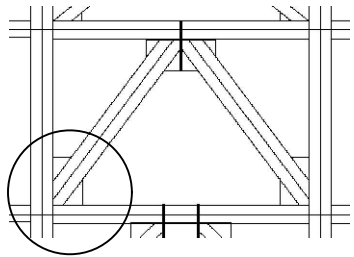
Arif Rijal

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

Detail Sambungan Bresing Atas ke
Balok Induk

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1 : 20	21	36



DETAIL SAMBUNGAN BRESING BAWAH UNTUK LANTAI 5 m

SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Detail Sambungan Bresing Bawah ke
Balok Induk

Skala

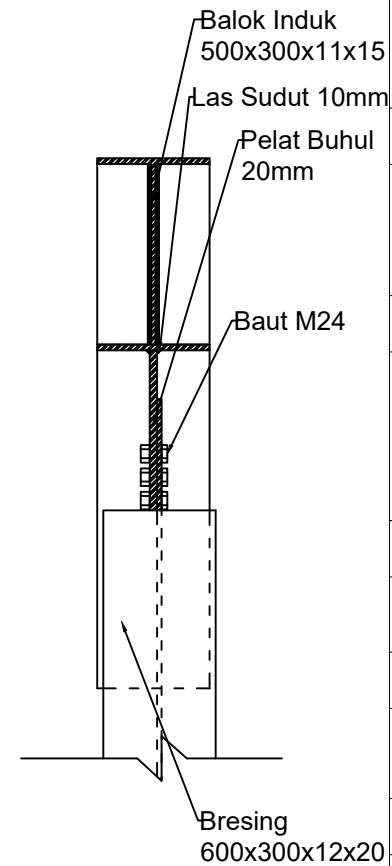
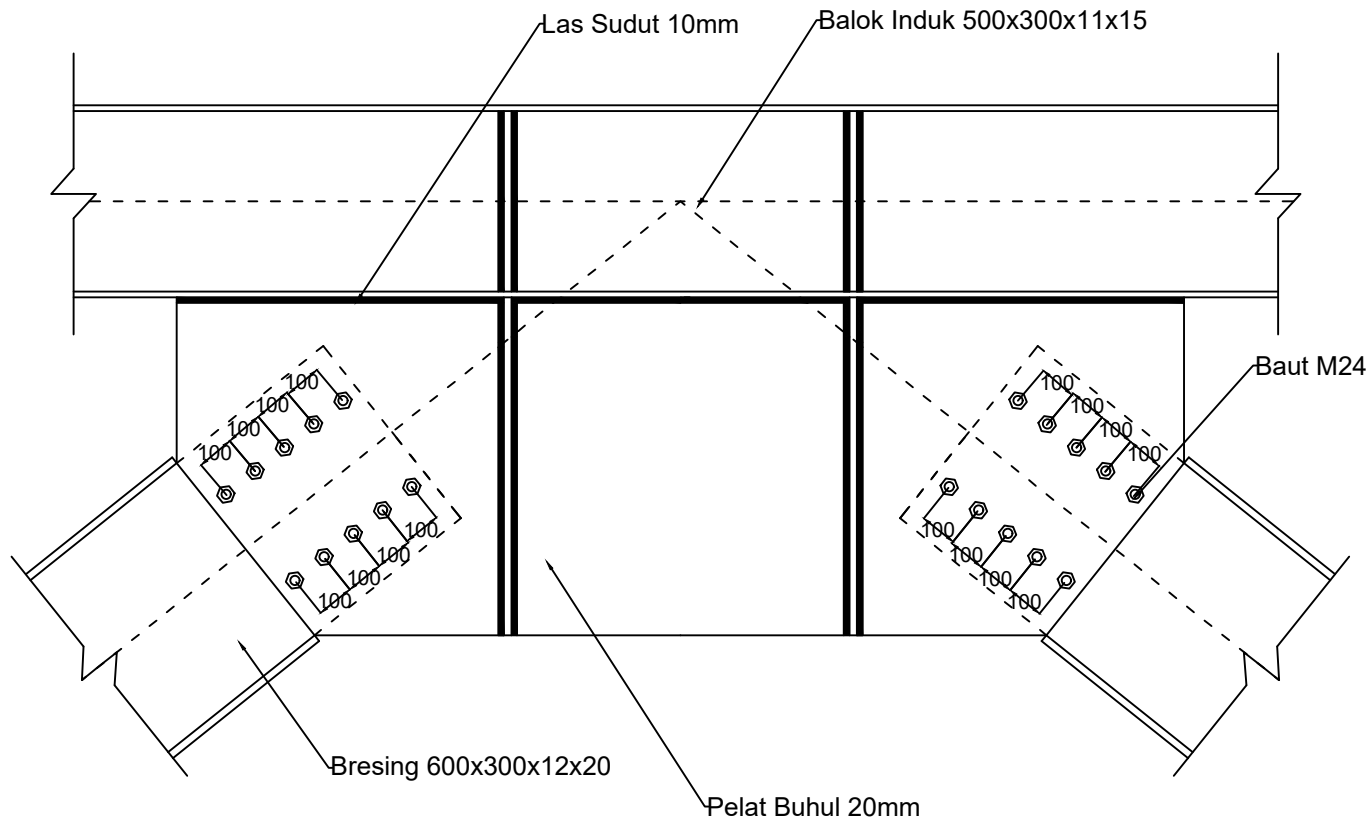
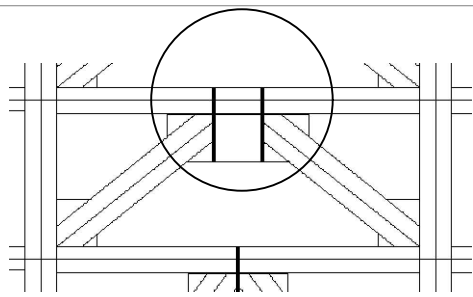
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 20

22

36



DETAIL SAMBUNGAN BRESING ATAS UNTUK LANTAI 3 m

SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

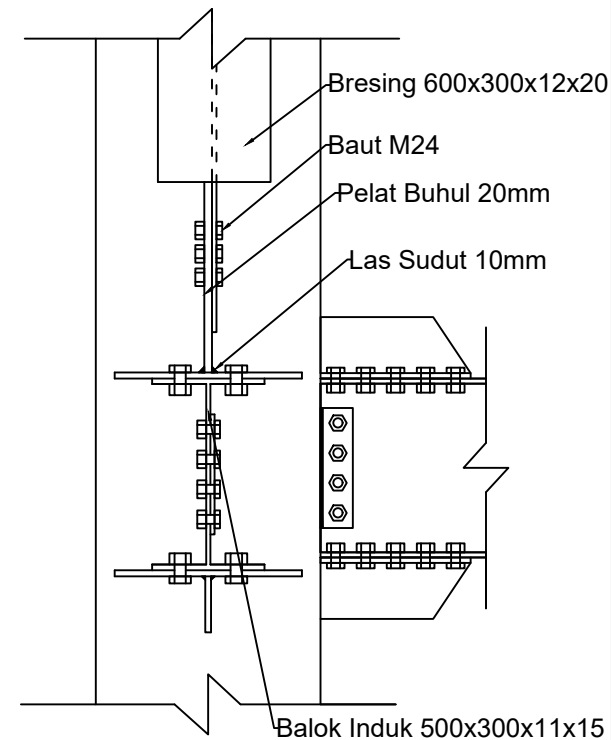
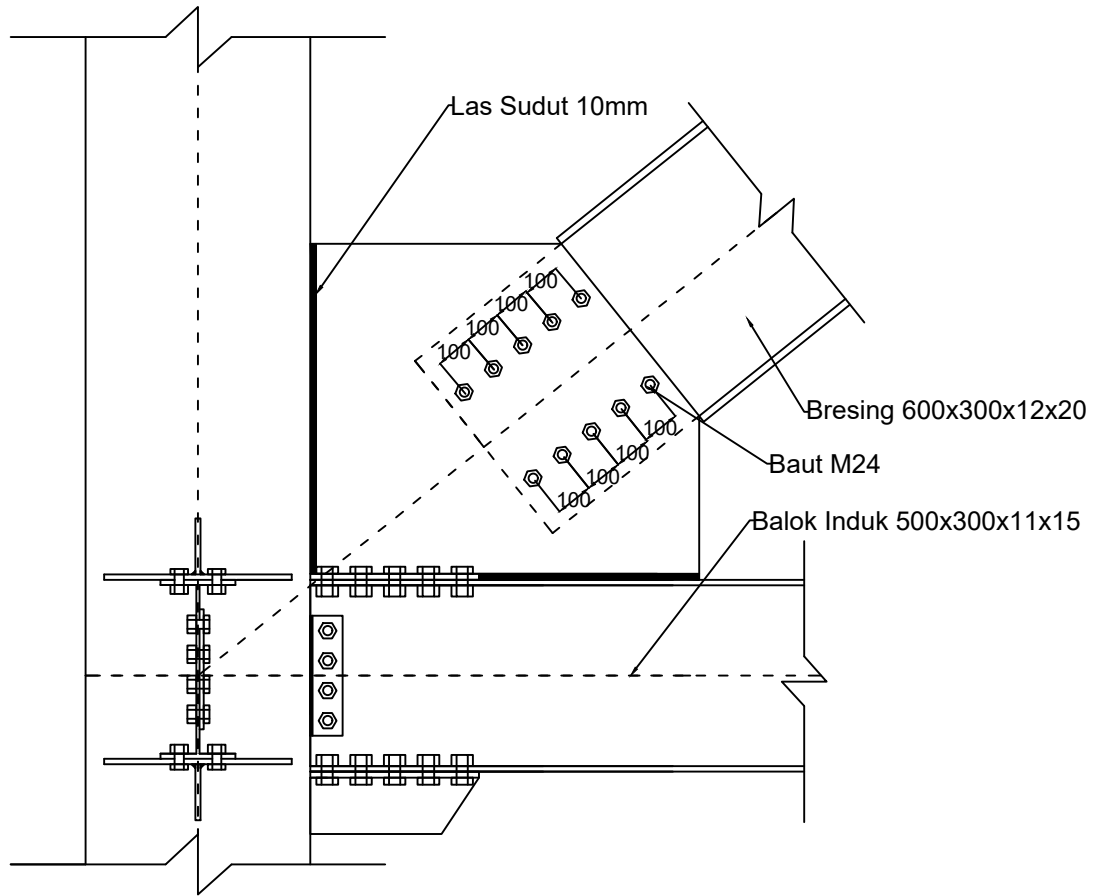
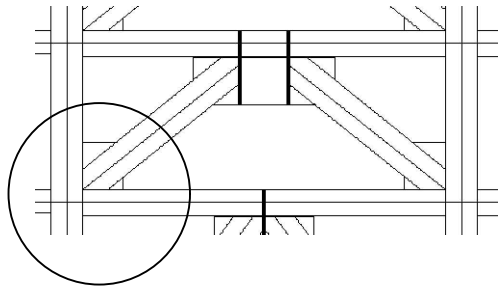
Arif Rijal

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

Detail Sambungan Bresing Atas ke
Balok Induk

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1 : 20	23	36



DETAIL SAMBUNGAN BRESING BAWAH UNTUK LANTAI 3 m

SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

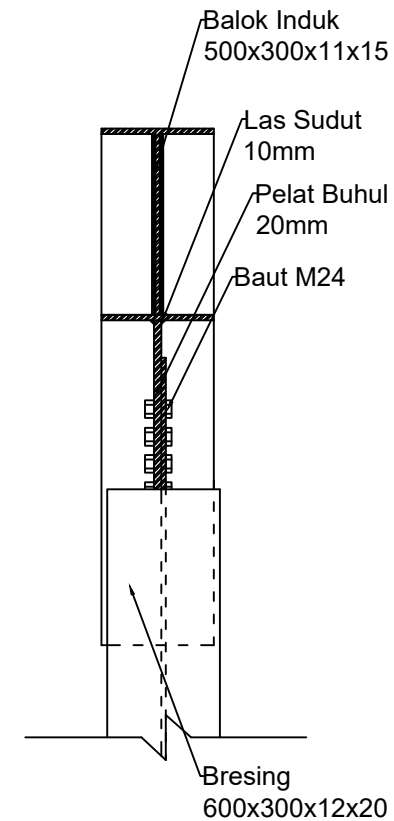
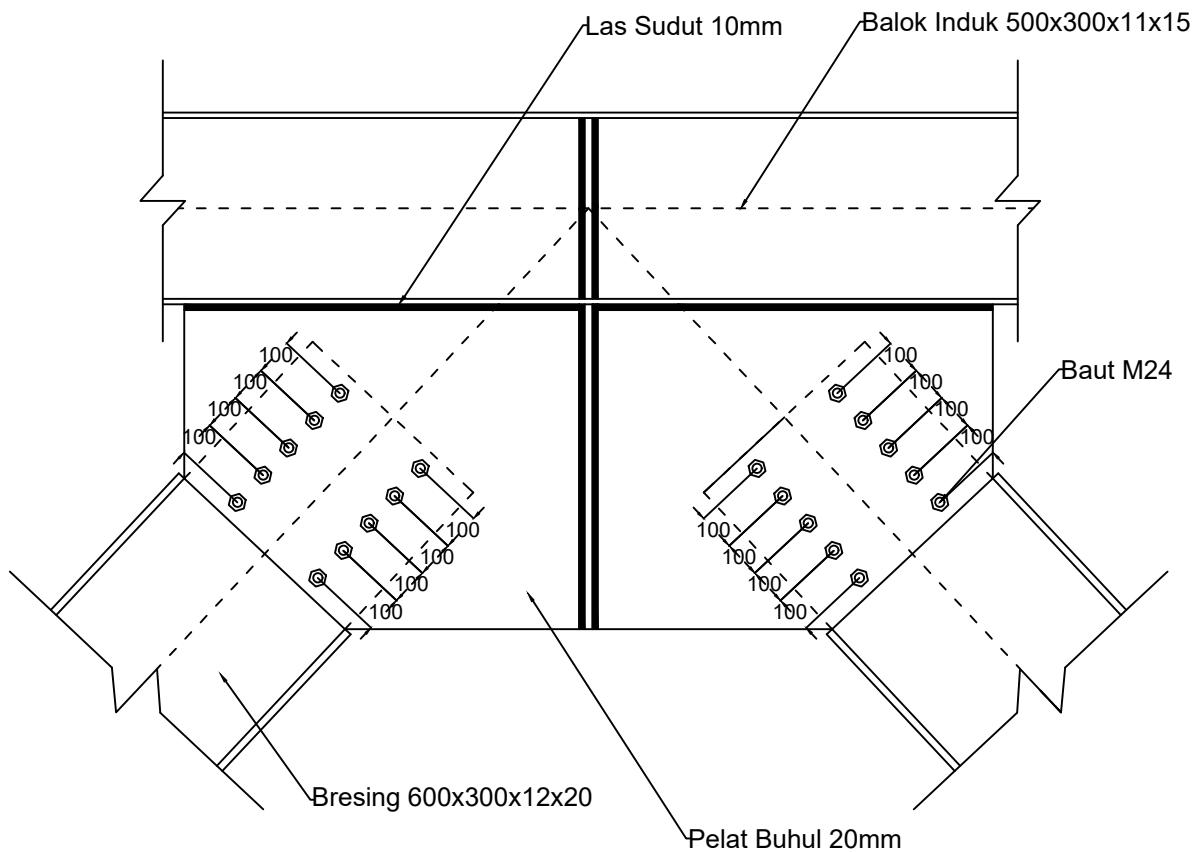
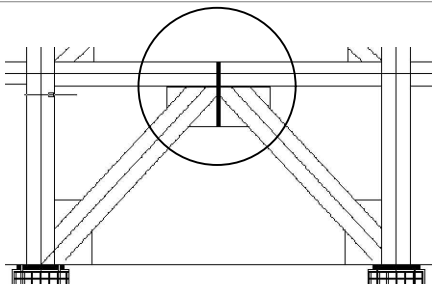
Arif Rijal

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

Detail Sambungan Bresing Bawah ke
Balok Induk

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1 : 20	24	36



DETAIL SAMBUNGAN BRESING ATAS UNTUK LANTAI 4 m

SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

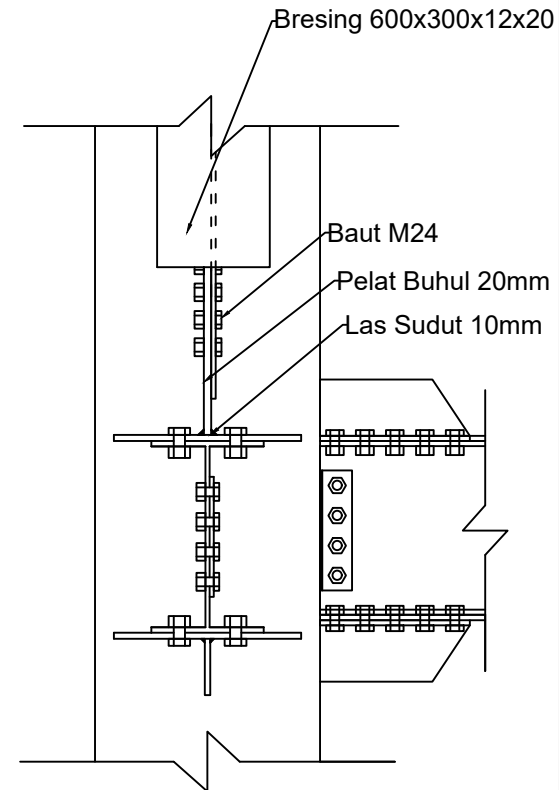
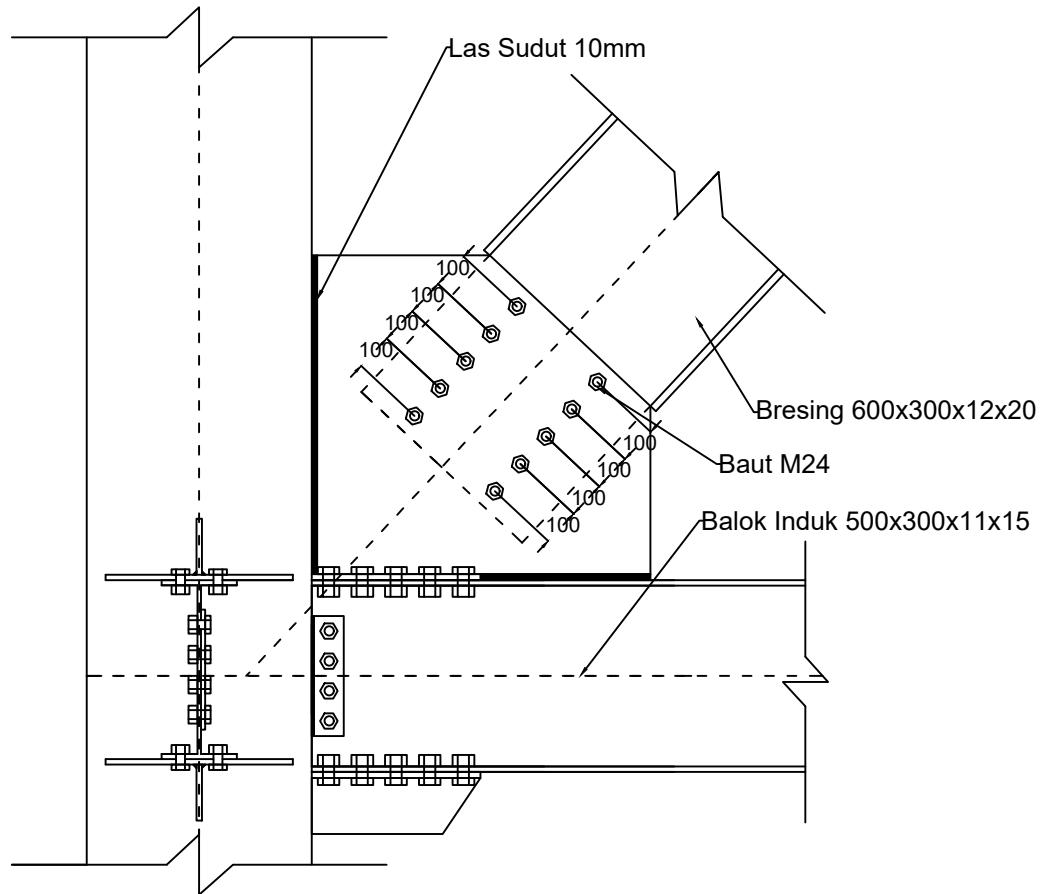
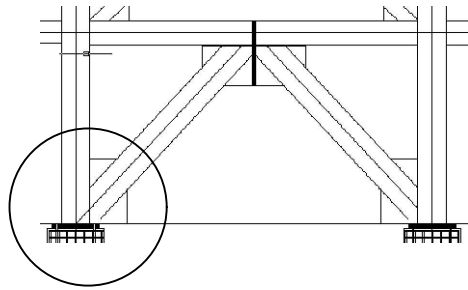
Arif Rijal

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

Detail Sambungan Bresing Atas ke
Balok Induk

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1 : 20	25	36



DETAIL SAMBUNGAN BRESING BAWAH UNTUK LANTAI 4 m

SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Detail Sambungan Bresing Bawah ke
Balok Induk

Skala

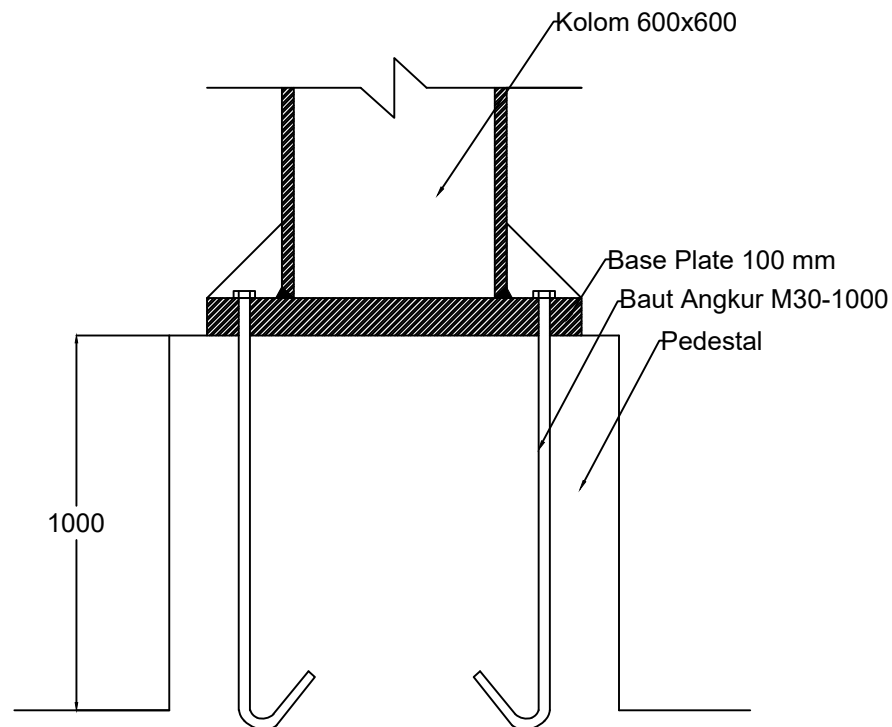
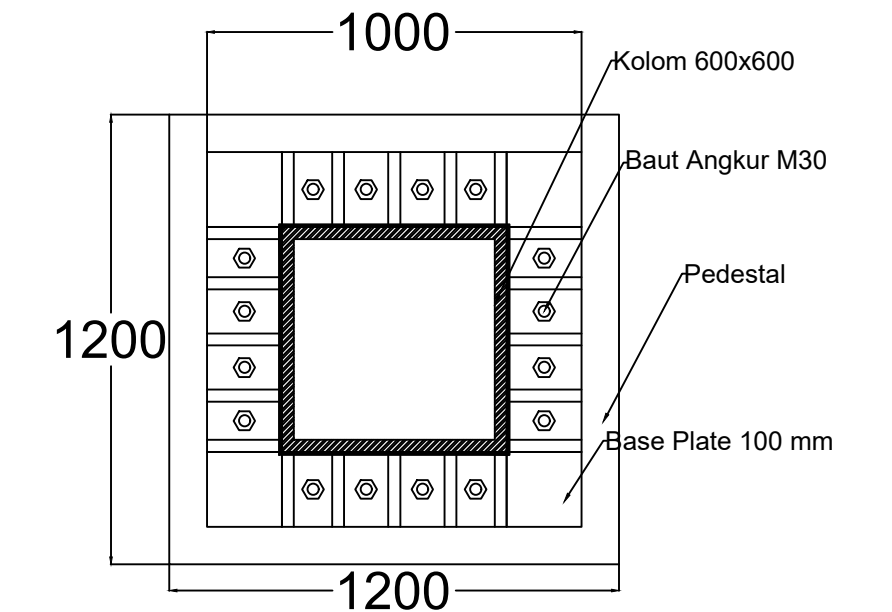
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 20

26

36



DETAIL SAMBUNGAN BASE PLATE

SKALA 1 : 20



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Detail Sambungan Base Plate

Skala

No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 20

27

36



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Detail Sambungan Antar Kolom

Skala

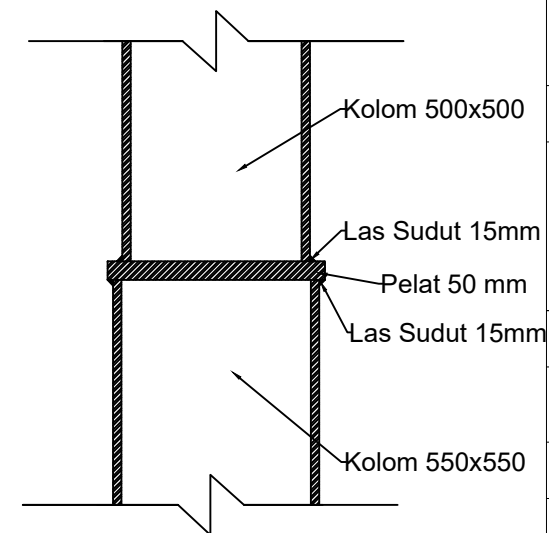
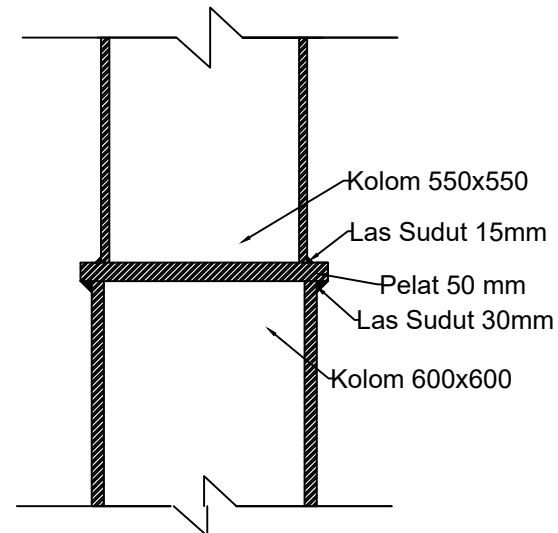
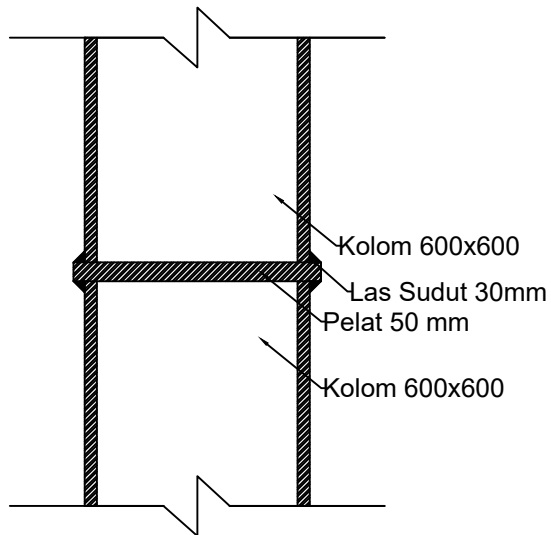
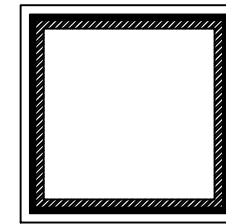
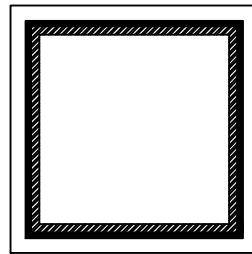
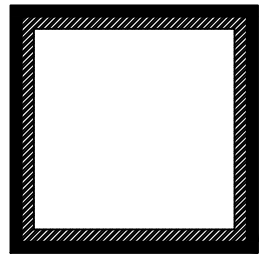
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 20

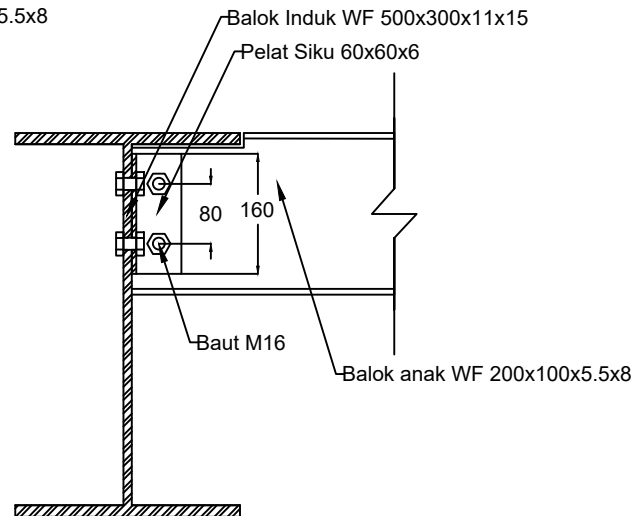
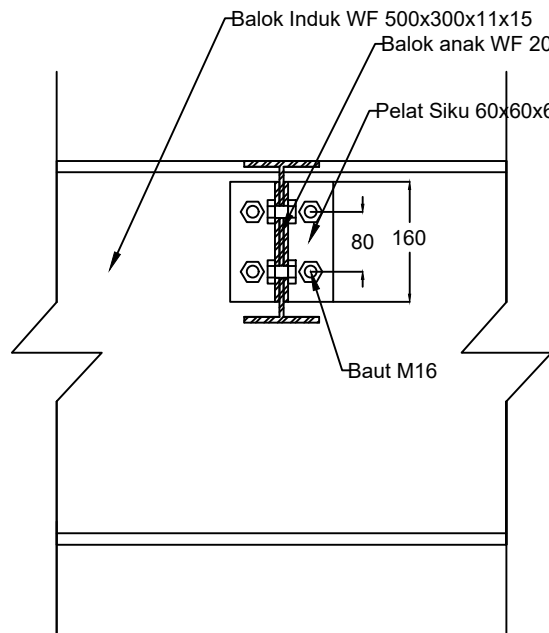
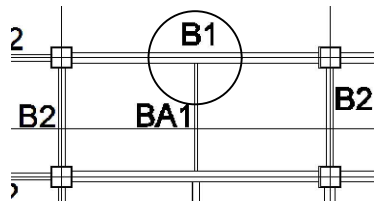
28

36

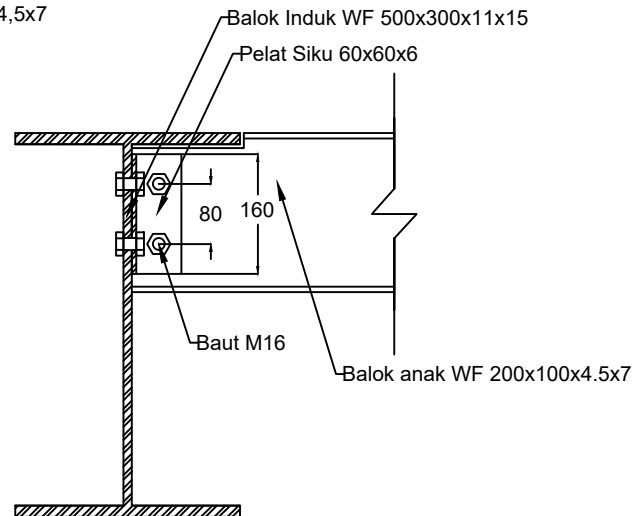
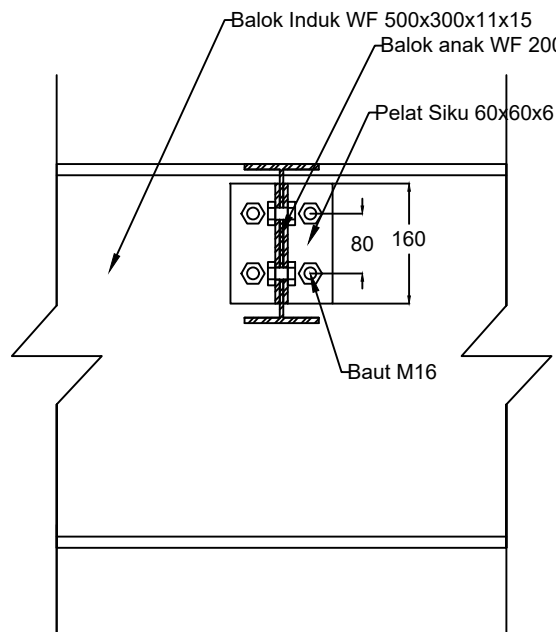
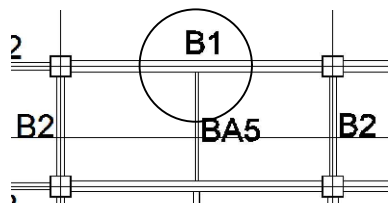


DETAIL SAMBUNGAN ANTAR KOLOM

SKALA 1 : 20



DETAIL SAMBUNGAN BALOK ANAK 1
SKALA 1 : 10



DETAIL SAMBUNGAN BALOK ANAK 5
SKALA 1 : 10



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

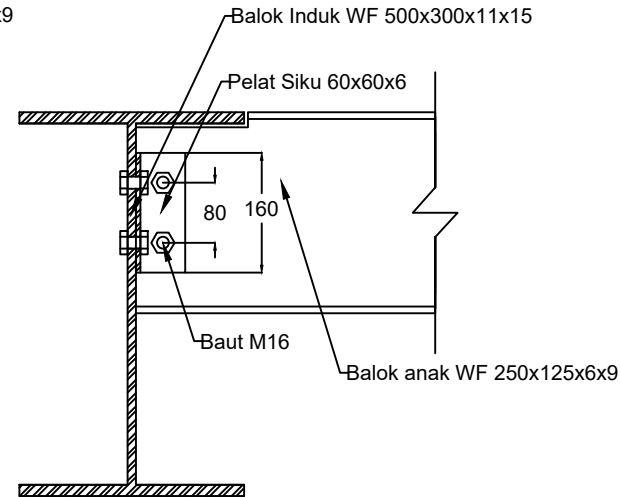
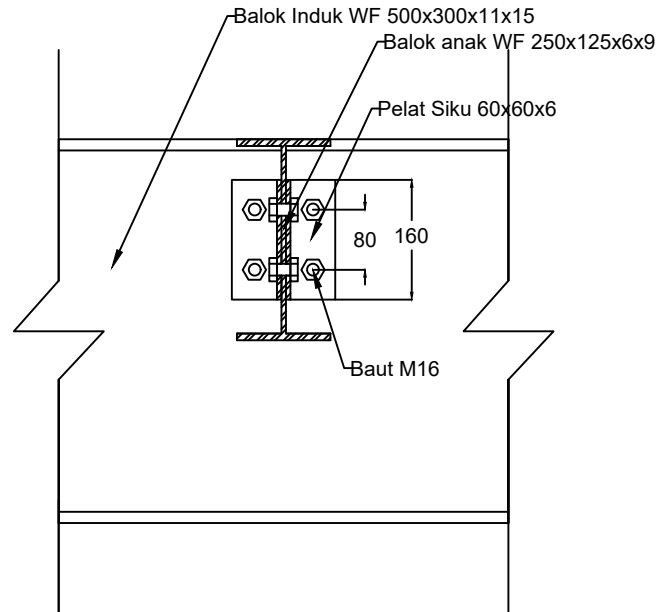
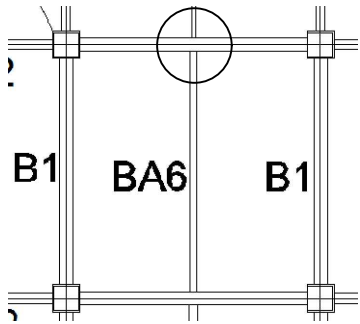
Arif Rijal

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

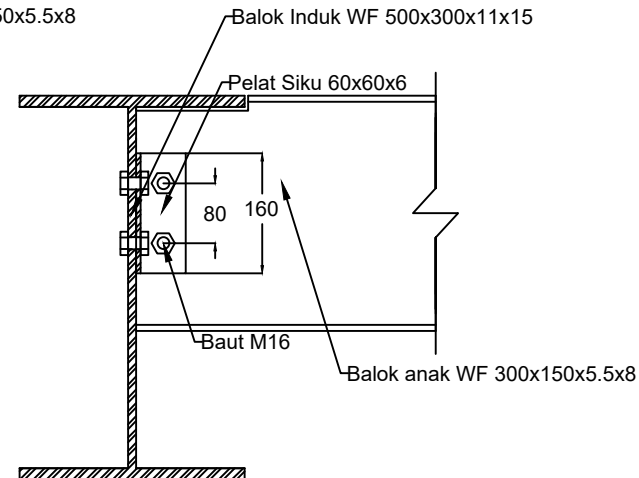
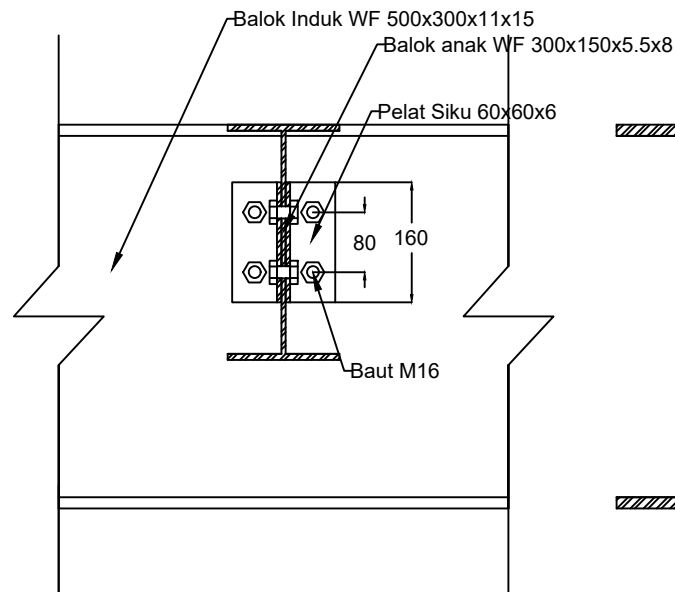
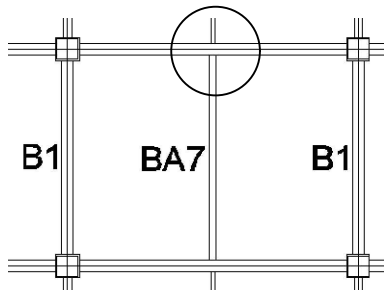
Detail Sambungan Balok Anak ke Balok Induk

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1 : 10	29	36



**DETAIL SAMBUNGAN BALOK
ANAK 6**

SKALA 1 : 10



**DETAIL SAMBUNGAN BALOK
ANAK 7**

SKALA 1 : 10



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

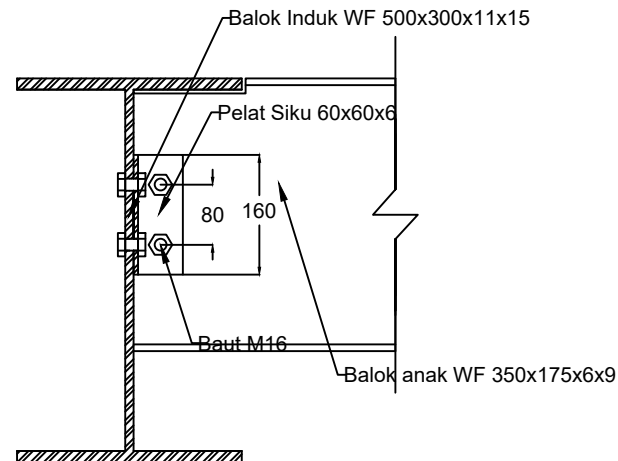
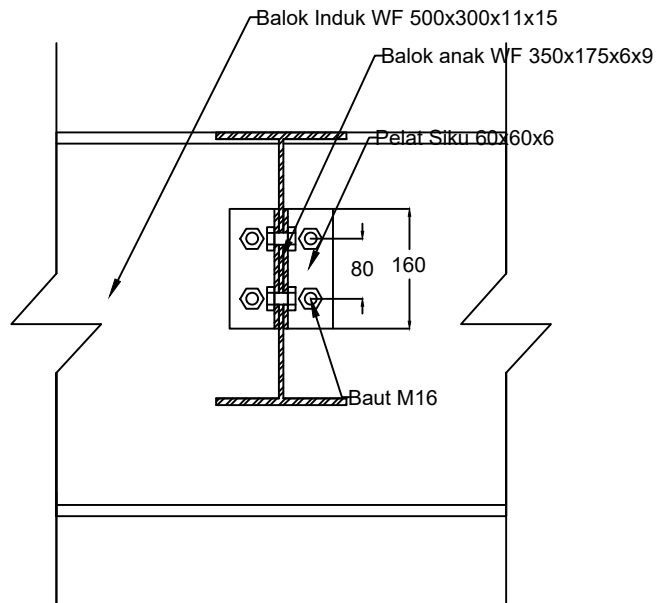
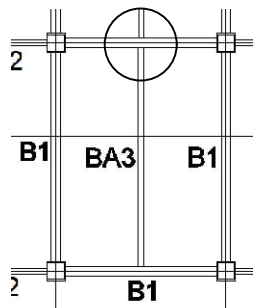
Arif Rijal

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

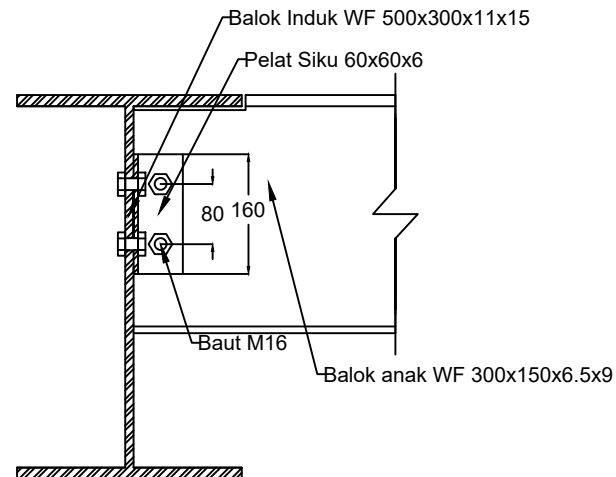
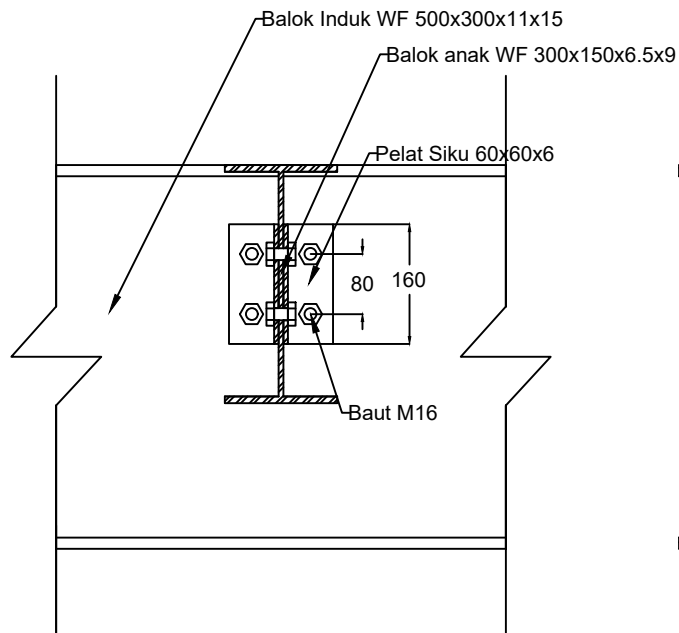
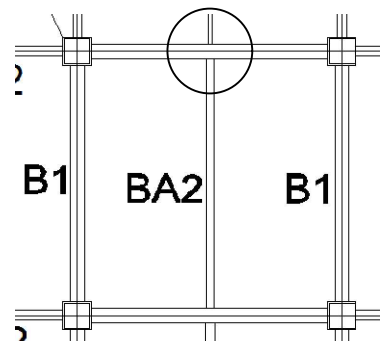
Detail Sambungan Balok Anak ke
Balok Induk

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1 : 10	30	36



DETAIL SAMBUNGAN BALOK ANAK 3

SKALA 1 : 10



DETAIL SAMBUNGAN BALOK ANAK 2

SKALA 1 : 10



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Detail Sambungan Balok Anak ke
Balok Induk

Skala

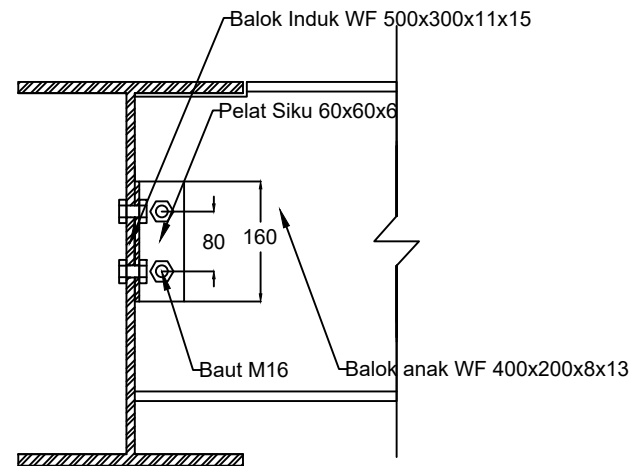
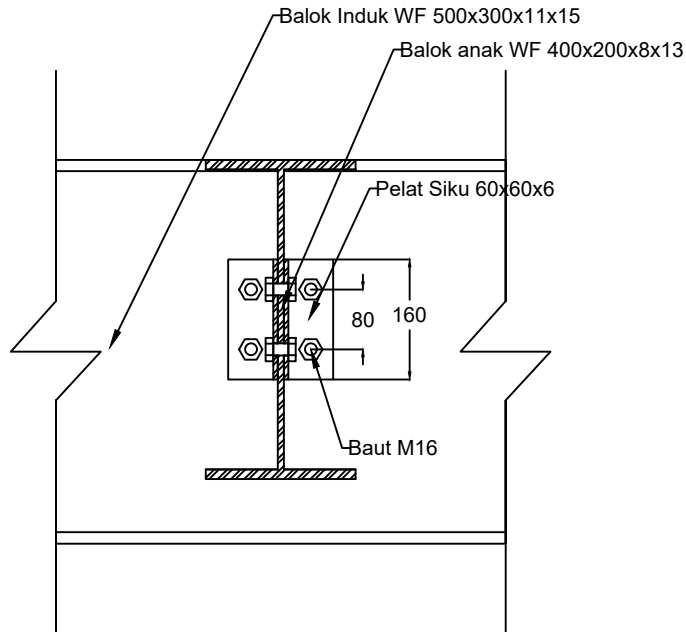
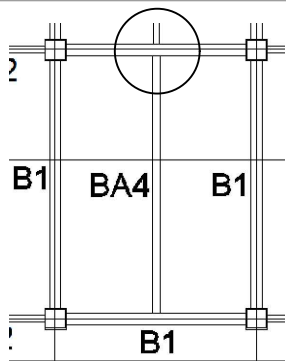
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 10

31

36



DETAIL SAMBUNGAN BALOK
ANAK 4
SKALA 1 : 10



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Detail Sambungan Balok Anak ke
Balok Induk

Skala

No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 10

32

36



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Detail Perencanaan Tangga

Skala

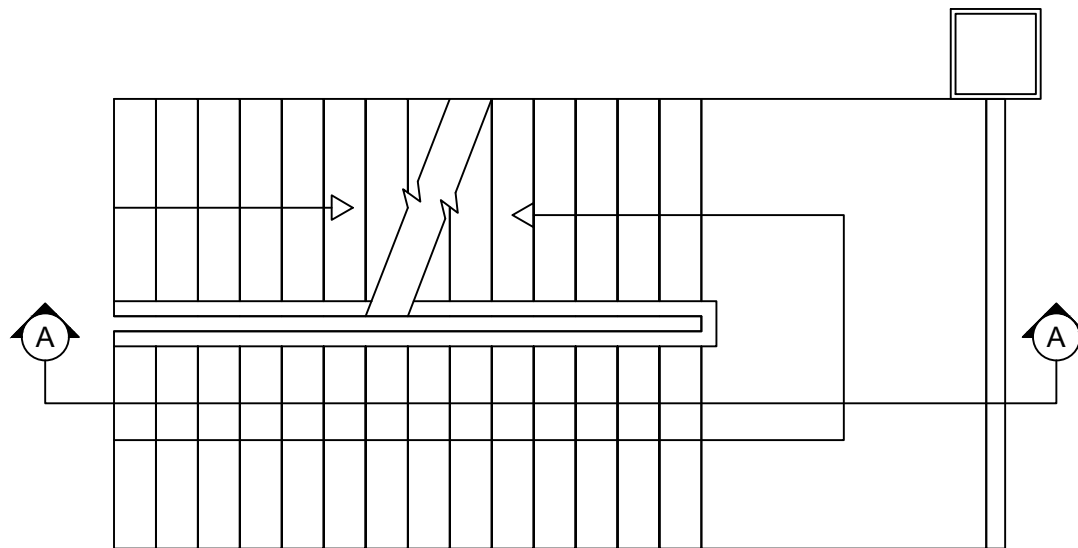
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 50

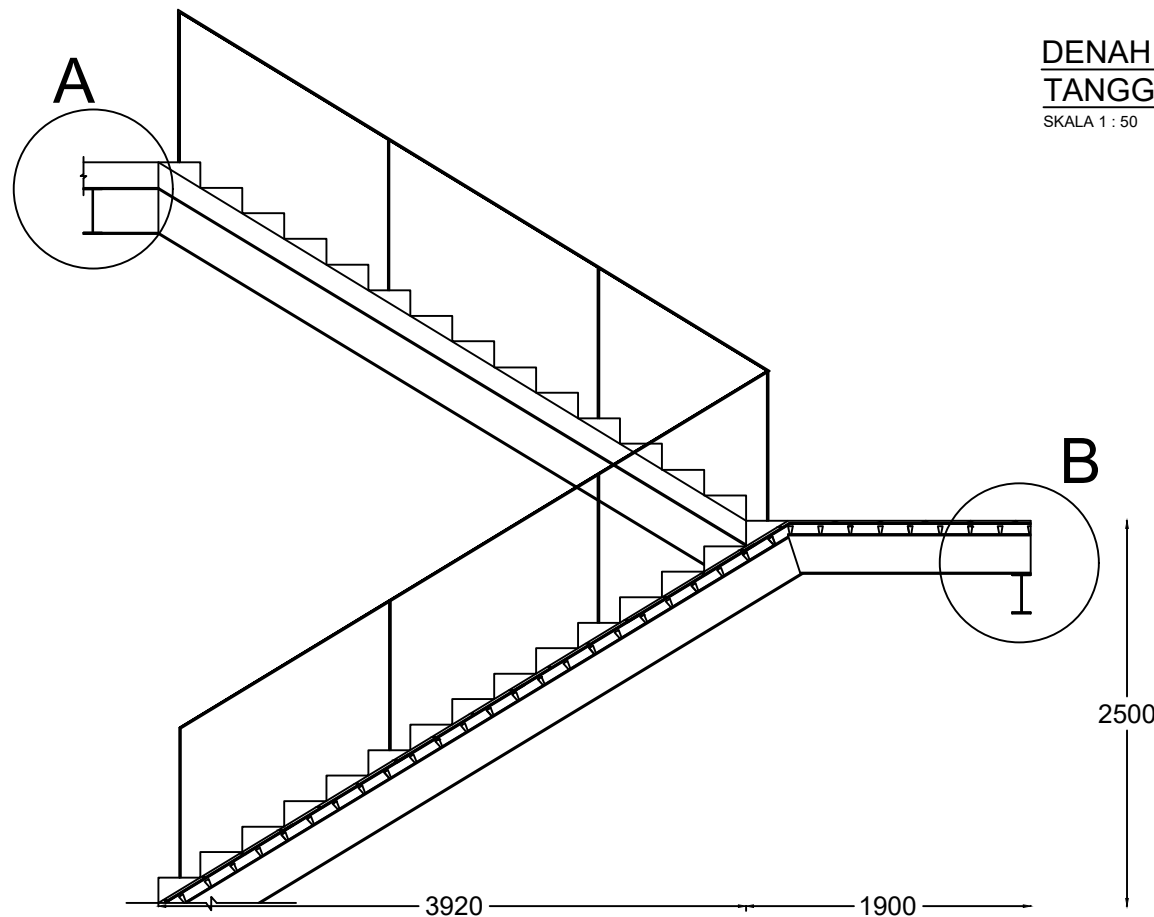
33

36



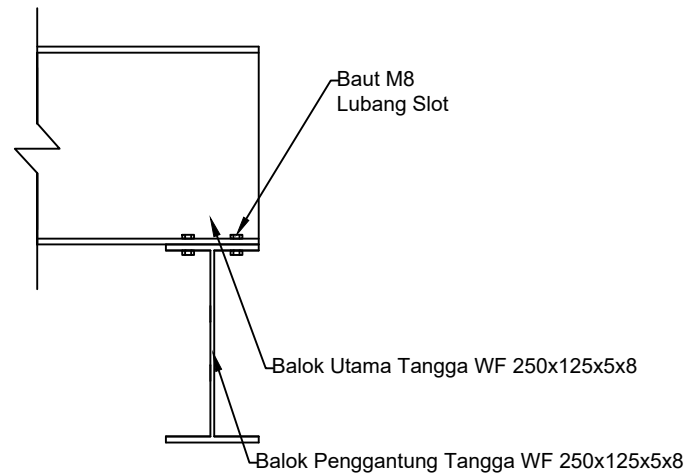
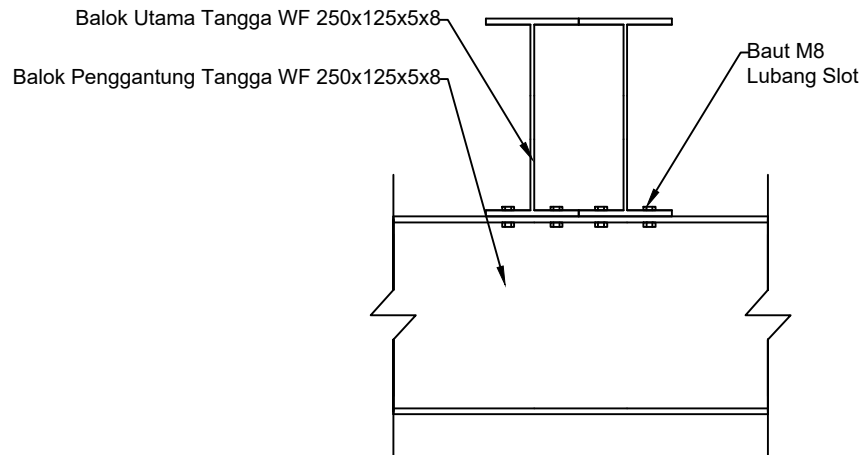
DENAH PERENCANAAN TANGGA

SKALA 1 : 50

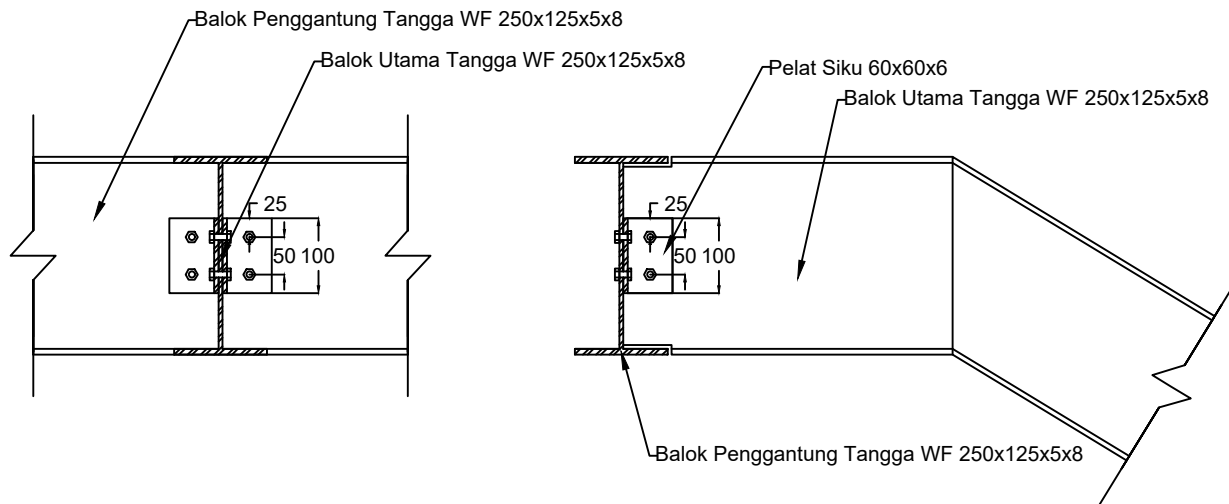


POTONGAN A - A

SKALA 1 : 50



DETAIL B
SKALA 1 : 10



DETAIL A
SKALA 1 : 10



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

Detail Sambungan Balok Utama
Tangga dengan Balok Penggantung

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1 : 10	34	36



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi

Tanggal

Catatan

Nama Gambar

Detail Sambungan Balok
Penggantung Tangga dengan Kolom

Skala

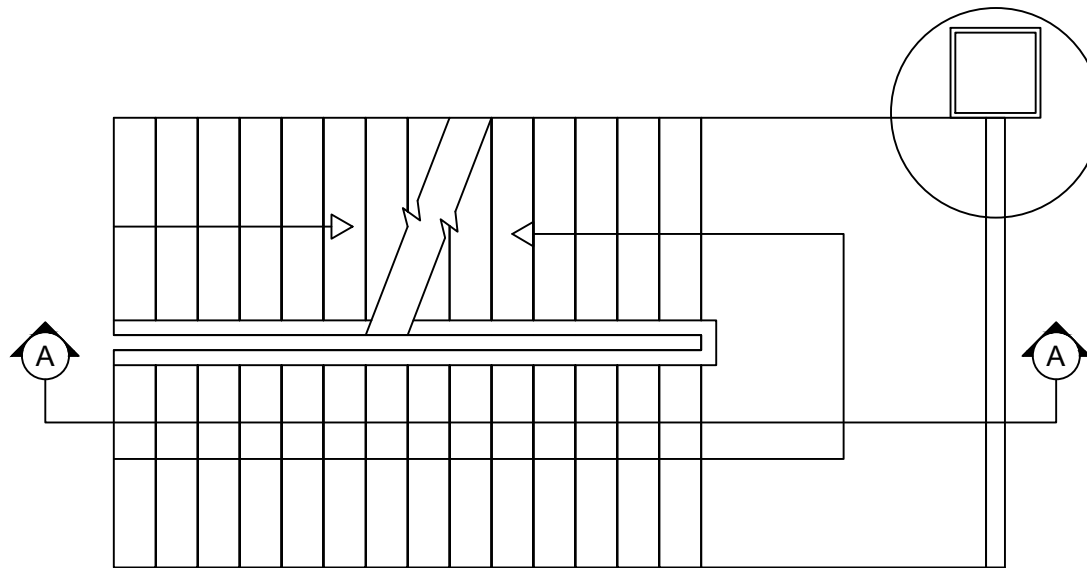
No
Gambar

Jumlah
Gambar

1 : 20

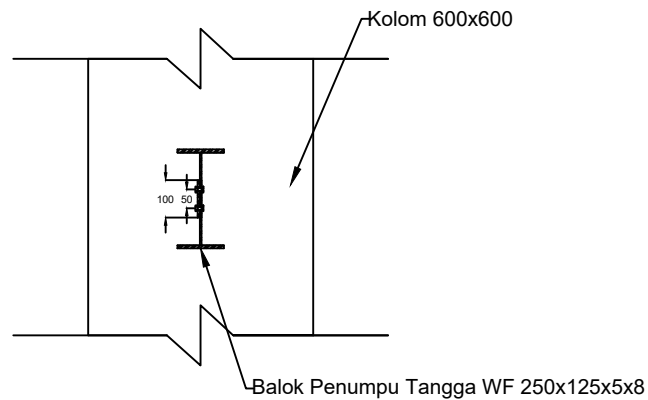
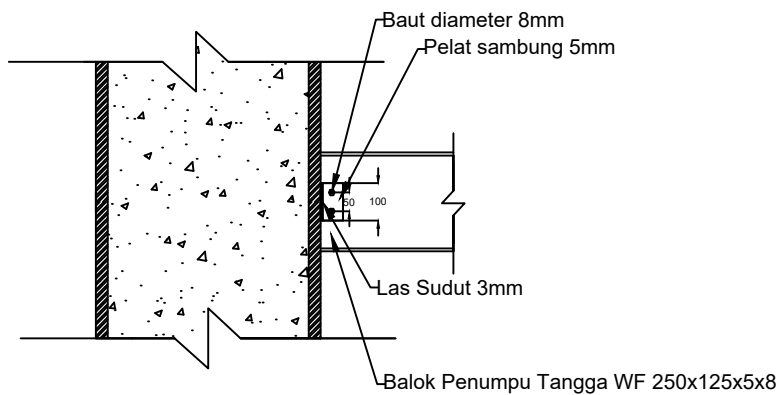
35

36



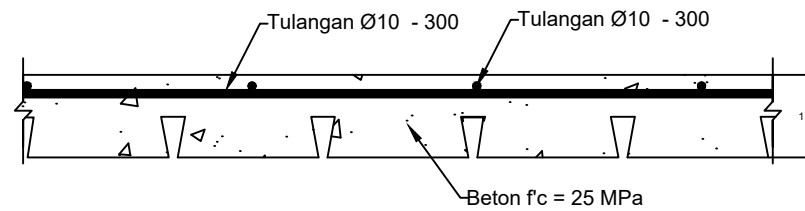
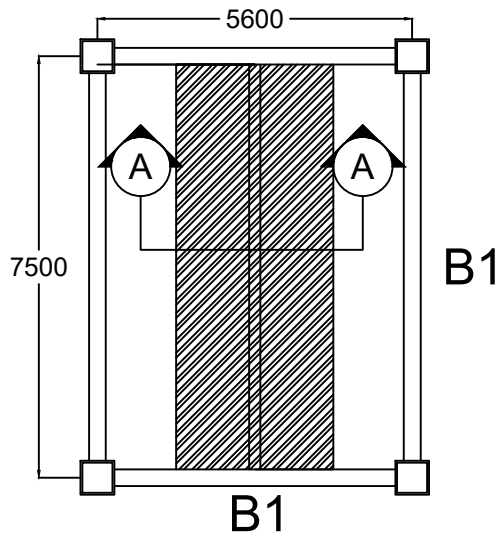
DENAH PERENCANAAN TANGGA

SKALA 1 : 50

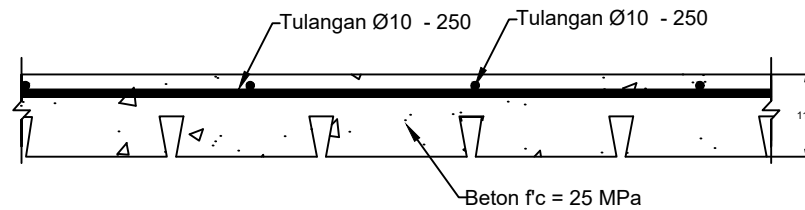


DETAIL SAMBUNGAN BALOK PENUMPU TANGGA DENGAN KOLOM

SKALA 1 : 20



POTONGAN A-A (LT. ATAP)
SKALA 1 : 10



POTONGAN A-A (LT. 1 - LT.22)
SKALA 1 : 10



Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Judul Tugas Akhir

MODIFIKASI PERENCANAAN
GEDUNG APARTEMEN GRAND
DHIKA CITY JATIWARNA
BEKASI-TOWER EMERALD
MENGGUNAKAN SISTEM
RANGKA BRESING
KONSENTRIS KHUSUS

Dosen Pembimbing

Ir. Heppy Kristijanto, MS.
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Keterangan

Nama Mahasiswa

Arif Rijal

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

Detail Penulangan Pelat

Skala	No Gambar	Jumlah Gambar
1 : 10	36	36

BORING LOG

Project No. : 1S.14093
 Project : GRAND DHIKA CITY
 Location : Jatiwarna, Bekasi - Jawa Barat

Sta & Offset : -
 Elevation : -
 GWL : -4.25 m
 Start Date : 15/07/2014
 Finish Date : 18/07/2014
 Bore Depth : 40.00 m
 Core Dia. : 7.30 cm
 Casing Dia. : 8.90 cm

Borhole Coord. :
 Driller : Ibnu Cs
 Hammer Type : Automatic Trip Hammer
 Energy (65 % - 75 %)

Log No.

DB 2

Remarks :

Shelby Tube (UD)

Rock Core

Casing

Disturbed Sample (DS)

Split Spoon

Bag Sample

Depth (m)	Legend	Symbol	Description	Sampling		Standard Penetration Test											Laboratory Test									
				Depth (m)	Sample	Blows Per Each 15 cm				N - Value						Strength Test				γ_t t/m ³	Gs	e	Atterberg Limit (%)			
						N1	N2	N3	N	10	20	30	40	50	60	Type	σ_c (kg/cm ²)	ϕ_u / ϕ' (°)	σ_a (kg/cm ²)				Wn	LL	PL	LI
1		CH	SILTY CLAY Red, moist, soft, high plasticity	1	☒											UU	0.35	17.14	-	1.80	2.63	1.03	39.17	125.60	37.01	0.02
2			DB2 - UD1 : 1.00 - 1.50 m	2	☒	1	2	2	4																	
3		MH	CLAYEY SILT Brownish red, moist, medium stiff, high plasticity	3	☒																					
4			DB2 - UD2 : 3.00 - 3.50 m	4	☒	3	4	4	8							UU	-	-	1.34	1.54	2.73	2.12	76.37	113.00	50.37	0.42
5		SP	SILTY SAND Yellowish brown, moist, very stiff, containing a few of fine sand, low plasticity	5																						
6				6	☒	7	9	10	19																	
7		MH	CLAYEY SILT Yellowish brown, moist, stiff, high plasticity	7																						
8			DB1 - UD3 : 8.00 - 8.50 m	8	☒	5	7	7	14							UU	-	-	-	1.58	2.64	1.81	68.76	81.30	51.84	0.57
9		SP	CLAYEY SAND Greyish brown, moist to wet, medium stiff, containing a few of fine sand, low plasticity	9																						
10				10	☒	6	6	7	13							UU	-	-	-	1.53	2.67	1.98	70.58	99.50	61.59	0.24
11		MH	SILT Brownish grey, moist, very stiff, high plasticity	11																						
12			DB1 - UD4 : 10.00 - 10.50 m	12	☒	7	11	15	26																	
13		SP	CEMENTED SAND Yellowish brown, dry, very dense, poorly graded	13																						
14				14	☒	35	10	-	>50	N-SPT > 50 blows/ft																
15		SP	CEMENTED SAND Blackish grey, dry, very dense, poorly graded	15																						
16				16	☒	30	-	-	>50	N-SPT > 50 blows/ft																
17				17																						
18				18	☒	20	-	-	>50	N-SPT > 50 blows/ft																
19		SP	CEMENTED SAND Black, dry, very dense, poorly graded	19																						
20				20	☒	30	20	-	>50	N-SPT > 50 blows/ft																
21		SP	CEMENTED SAND Blackish grey, dry, very dense, poorly graded	21																						
22				22	☒	30	37	10	>50	N-SPT > 50 blows/ft																
23				23																						
24				24	☒	25	35	10	>50	N-SPT > 50 blows/ft																
25		SP	FINE SAND Black, wet, very dense, poorly graded	25																						
26				26	☒	27	30	20	>50	N-SPT > 50 blows/ft																
27				27																						
28				28	☒	33	15	-	>50	N-SPT > 50 blows/ft																
29		SP	CEMENTED SAND Black, dry, very dense, poorly graded	29																						
30				30	☒	30	10	-	>50	N-SPT > 50 blows/ft																

BORING LOG

Project No. : 1S.14093
Project : GRAND DHIKA CITY
Location : Jatiwarna, Bekasi - Jawa Barat

Sta & Offset : -
Elevation : -
GWL : -4.25 m
Start Date : 15/07/2014
Finish Date : 18/07/2014
Bore Depth : 40.00 m
Core Dia. : 7.30 cm
Casing Dia. : 8.90 cm

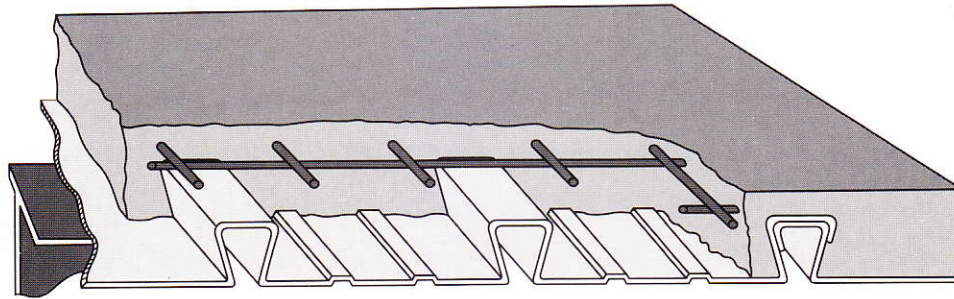
Borhole Coord. :
Driller : Ibnu Cs
Hammer Type : Automatic Trip Hammer
Energy (65 % - 75 %)

Log No.
DB 2

Remarks :
Shelby Tube (UD)
Disturbed Sample (DS)
Rock Core
Split Spoon
Casing
Bag Sample

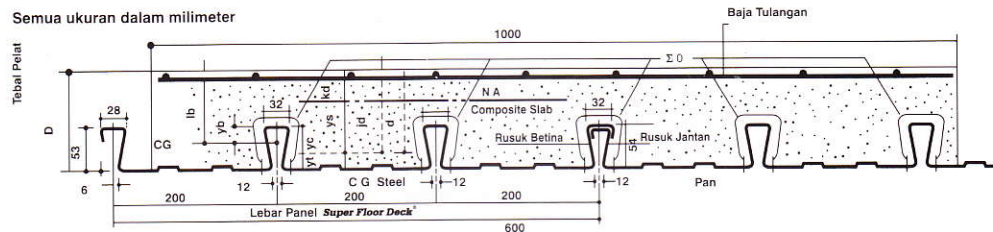
Depth (m)	Legend	Symbol	Description	Sampling		Standard Penetration Test										Laboratory Test																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
				Depth (m)	Sample	Blows Per Each 15 cm				N - Value						Strength Test				γ_t t/m³	Gs	e _s	Atterberg Limit (%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
						N1	N2	N3	N	10	20	30	40	50	60	Type	$\bar{c} / \bar{\sigma}$ (kg/cm²)	ϕ_u / ϕ' (°)	$\bar{\sigma}_a$ (kg/cm²)				W _n	LL	PL	LI																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
31		ML	CEMENTED SILT Blackish grey, moist, hard, low plasticity	31																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				</

Super Floor Deck®



PERENCANAAN: Plat Lantai Komposit

Semua ukuran dalam milimeter



Tabel Perencanaan Praktis

Tabel Perencanaan Praktis berikut ini bisa membantu dalam perencanaan penggunaan **Super Floor Deck®** untuk suatu bangunan antara lain:

- Menunjukkan tabel plat beton untuk bentang tunggal, bentang ganda, dan bentang menerus.
- Kebutuhan tulangan negatif, serta perhitungan luas penampangnya, pada bentang ganda atau bentang menerus.
- Ketebalan plat beton pada bentang tertentu, serta berbagai beban (Super Imposed Load)
- Tiang penyangga sementara yang dibutuhkan untuk meniadakan lendutan awal pada waktu beton dan **Super Floor Deck®** belum berfungsi.

TABEL 1 : SIFAT PENAMPANG **Super Floor Deck® PERLEBAR 1000 MM**

Tebal Pelat	Berat per satuan luas	Luas penampang	Penampang efektif penuh		Momen lentur positif			Momen lentur negatif			Ie	Gaya reaksi aman untuk perletakan tepi			Gaya reaksi aman untuk perletakan tengah		
			Yc	Yt	Ip	Zpc	Zpt	In	Znc	Znt		10 mm perletakan	Pertambahan per 10 mm	max	10 mm perletakan	Pertambahan per 10 mm	Max
mm	kg / m ²	mm ²	mm	mm	10 ⁸ x mm ⁴	10 ³ x mm ³	10 ³ x mm ³	10 ⁸ x mm ⁴	10 ³ x mm ³	10 ³ x mm ³	10 ⁸ x mm ⁴	10 mm Of Bearing KN	Increment, Per 10 mm KN	KN	10 mm Of Bearing KN	Increment, Per 10 mm KN	KN
0.75	10.1	1241	38.6	15.4	0.511	13.15	33.14	0.309	10.21	10.73	0.425	3.76	0.99	8.11	15.01	1.14	19.19

Catatan : Ip = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif

Notes

In = idem untuk daerah momen negatif

Znt = momen tahanan, puncak rusuk dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)

Znc = idem, dasar dek dalam daerah momen negatif (tegangan tekan)

Zpc = idem, puncak rusuk, dalam daerah momen positif (tegangan tekan)

Zpt = idem, dasar dek, dalam daerah momen positif (tegangan tarik)

Ie = momen inersia ekuivalen untuk perhitungan lendutan bentang menerus

= Ip (1.26 - 0.26 Ip/in)

TABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKTIS

Super Floor Deck® 0.75 MM		BENTANG TUNJANG TANPA TULANGAN NEGATIF SAMPLE SPAN CONDITION WITHOUT NEGATIVE REINFORCEMENT										BENTANG GANDA DENGAN TULANGAN NEGATIF DOUBLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT										BENTANG MENERUS DENGAN TULANGAN NEGATIF MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT															
BEBAN BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD KG/M ²		200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	700	1000															
TIANG PENYANGGA PROPPING	BENTANG SPAN M	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM	TETAP PELAT SLAB DEPTH CM															
		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9															
TANPA PENYANGGA NO. PROPS	1.50	9	9	9	9	9	9	9	9	0.75	9	0.91	9	1.07	9	1.24	9	1.40	9	1.66	9	2.08	9	0.59	9	0.73	9	0.85	9	0.98	9	1.11	9	1.31	9	1.65	
	1.75	9	9	9	9	9	9	10	9	1.03	9	1.25	9	1.48	9	1.71	9	1.94	9	2.29	10	2.53	9	0.81	9	0.99	9	1.17	9	1.35	9	1.53	9	1.81	10	2.00	
	2.00	9	9	9	9	9	9	10	9	1.36	9	1.65	9	1.95	9	2.26	9	2.57	9	3.04	10	3.35	9	1.07	9	1.31	9	1.55	9	1.79	9	2.03	9	2.39	10	2.65	
	2.25	9	9	9	9	9	9	10	11	9	1.73	9	2.12	9	2.50	9	2.90	9	3.29	9	3.89	11	3.85	9	1.37	9	1.68	9	1.98	9	2.30	9	2.60	9	3.08	11	3.04
	2.50	9	9	9	9	9	9	10	14	9	2.16	9	2.65	9	3.13	9	3.62	9	4.11	10	4.29	14	3.69	9	1.71	9	2.09	9	2.48	9	2.86	9	3.25	10	3.39	14	2.92
SATU BARIS PENYANGGA ONE ROW PROPS	2.75	10	10	10	10	11	12	15	9	2.64	9	3.24	9	3.83	10	3.94	11	4.02	12	4.29	15	4.23	9	2.09	9	2.25	9	3.02	10	3.11	11	3.18	12	3.39	15	3.33	
	3.00	10	10	10	11	12	13		9	3.17	9	3.87	10	4.10	11	4.28	12	4.41	13	4.74			9	2.51	9	3.07	10	3.25	11	3.38	12	3.49	13	3.75			
	3.25	11	11	11	12	13	14		10	3.41	10	4.13	10	4.87	12	4.65	13	4.83	14	5.22			10	2.70	10	3.27	10	3.84	12	3.67	13	3.82	14	4.12			
	3.50	12	12	12	13	14	15		11	3.68	11	4.42	11	5.18	12	5.44	13	5.64	15	5.71			11	2.90	11	3.49	11	4.09	12	4.29	13	4.46	15	4.51			
DUA BARIS PENYANGGA TWO ROW PROPS	3.75	13	13	13	14				11	4.25	11	5.11	11	5.99	13	5.83	14	6.09					11	3.36	11	4.04	11	4.73	13	4.61	14	4.81					
	4.00	14	14	14	15				12	4.55	12	5.43	12	6.33	14	6.24	15	6.55					12	3.59	12	4.28	12	4.99	14	4.93	15	5.17					
	4.50								13	5.49	13	6.51	14	7.06	15	7.53							13	4.34	13	5.14	14	5.58	15	5.95							
	5.00								15	6.20	15	7.27	15	8.90									15	4.90	15	5.73	15	6.58									

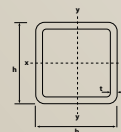
Catatan : - BEBAN MATI (BERAT SENDIRI **Super Floor Deck®** DAN PELAT BETON) SUDAH DIPERHITUNGKAN

- BEBAN BERGUNA DALAM TABEL ADALAH JUMLAH BEBAN HIDUP DAN BEBAN-FINISHING LAINNYA

- MUTU BAJA TULANGAN U - 48

7.1.6 Jumbo square hollow sections

Dimensions and properties to JIS G3136



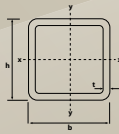
Size diameter	Thickness	Mass	Sectional area	Approx. length/tonne
HxB mm	T mm	M kg/m	A cm ²	m/t
350 x 350	19*	190	242	5.26
	22*	217	276	4.61
	25 [#]	242	309	4.12
400 x 400	22*	251	320	3.98
	25 [#]	282	359	3.55
	28	311	396	3.21
450 x 450	12*	162	207	6.17
	16*	213	271	4.70
	19*	250	318	4.00
	22*	286	364	3.50
	25 [#]	321	409	3.12
	28	355	452	2.82
	32	399	509	2.50
500 x 500	12*	181	231	5.53
	16*	238	303	4.20
	19*	280	356	3.58
	22*	320	408	3.12
	25 [#]	360	459	2.78
	28	399	508	2.51
	32	450	573	2.22
	36	498	635	2.01
550 x 550	16*	263	335	3.80
	19*	309	394	3.23
	22*	355	452	2.82
	25	399	509	2.50
	28	443	564	2.26
	32	500	637	2.00
	36	555	707	1.80
	40	608	775	1.64
600 x 600	16*	288	367	3.47
	19*	339	432	2.95
	22*	389	496	2.57
	25	439	559	2.28
	28	487	620	2.05
	32	550	701	1.82
	36	611	779	1.64
	40	671	855	1.49
	45	743	947	1.35
	50	813	1036	1.23

Size diameter	Thickness	Mass	Sectional area	Approx. length/tonne
HxB mm	T mm	M kg/m	A cm ²	m/t
650 x 650	16	313	399	3.19
	19	369	470	2.71
	22	424	540	2.36
	25	478	609	2.09
	28	531	676	1.88
	32	600	765	1.67
	36	668	851	1.50
	40	734	935	1.36
	45	814	1037	1.23
	50	891	1136	1.12
700 x 700	55	966	1231	1.03
	60	1039	1323	0.963
	16	338	431	2.95
	19	399	508	2.51
	22	459	584	2.18
	25	517	659	1.93
	28	575	732	1.74
	32	651	829	1.54
	36	724	923	1.38
	40	797	1015	1.26
750 x 750	45	885	1127	1.13
	50	970	1236	1.03
	55	1053	1341	0.950
	60	1133	1443	0.883
	16	364	463	2.75
	19	429	546	2.33
	22	493	628	2.03
	25	556	709	1.80
	28	619	788	1.62
	32	701	893	1.43
	36	781	995	1.28
	40	859	1095	1.16
	45	955	1217	1.05
	50	1048	1336	0.954
	55	1139	1451	0.878
	60	1227	1563	0.815

All sections on this page are manufactured by SAW process with two seam welds otherwise *manufactured by ERW process and # manufactured by SAW process with one seam weld.

7.1.6 Jumbo square hollow sections

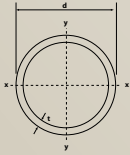
Dimensions and properties to JIS G3136



Size diameter	Thickness	Mass	Sectional area	Approx. length/ tonne
HxB mm	T mm	M kg/m	A cm ²	m/t
800 x 800	16	389	495	2.57
	19	459	584	2.18
	22	528	672	1.90
	25	596	759	1.68
	28	663	844	1.51
	32	751	957	1.33
	36	837	1067	1.19
	40	922	1175	1.08
	45	1026	1307	0.975
	50	1127	1436	0.887
	55	1225	1561	0.816
	60	1321	1683	0.757

7.1.7 Jumbo circular hollow sections

Dimensions and properties to JIS G3136



Size diameter	Thickness	Mass	Sectional area	Approx. length/ tonne
D mm	T mm	M kg/m	A cm ²	m/t
457	22	236	301	4.24
	25	266	339	3.75
	28	296	377	3.38
	32	335	427	2.98
	36	374	476	2.68
	40	411	524	2.43
508	22	264	336	3.79
	25	298	379	3.36
	28	331	422	3.02
	32	376	479	2.66
	36	419	534	2.39
	40	462	588	2.17
559	25	329	419	3.04
	28	367	467	2.73
	32	416	530	2.40
	36	464	591	2.15
	40	512	652	1.95
610	28	402	512	2.49
	32	456	581	2.19
	36	510	649	1.96
	40	562	716	1.78
660	28	436	556	2.29
	32	496	631	2.02
	36	554	706	1.81
	40	612	779	1.64
711	28	472	601	2.12
	32	536	683	1.87
	36	599	763	1.67
	40	662	843	1.51

Plates

Metric units 7.85kg/mm m² - 0.7293 kg/mm ft²

Thickness	Unit	Width x Length (ft)						
	Weight	4 x 8	4 x 16	5 x 10	5 x 20	6 x 20	8 x 20	10 x 30
t	M	Weight / pc						
mm	kg/ft ²	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
1.2	0.875	28.0	-	43.8	-	-	-	-
1.5	1.094	35.0	-	54.7	-	-	-	-
1.6	1.167	37.3	-	58.3	-	-	-	-
1.9	1.386	44.3	-	69.3	-	-	-	-
2.3	1.677	53.7	-	83.9	-	-	-	-
2.6	1.896	60.7	-	94.8	-	-	-	-
3	2.188	70.0	-	109	219	-	-	-
3.2	2.334	74.7	-	117	-	-	-	-
4.5	3.282	105	210	164	328	394	-	-
5	3.647	117	233	182	365	438	-	-
6	4.376	140	280	219	438	525	700	1313
7	5.105	163	327	255	511	613	817	1532
8	5.834	187	373	292	583	700	934	1750
9	6.564	210	420	328	656	788	1050	1969
10	7.293	233	467	365	729	875	1167	2188
11	8.022	257	513	401	802	963	1284	2407
12	8.752	280	560	438	875	1050	1400	2625
12.7	9.262	296	593	463	926	1111	1482	2779
13	9.481	303	607	474	948	1138	1517	2844
14	10.21	327	653	511	1021	1225	1634	3063
15	10.94	350	700	547	1094	1313	1750	3282
16	11.67	373	747	583	1167	1400	1867	3501
17	12.40	397	793	620	1240	1488	1984	3719
18	13.13	420	840	656	1313	1575	2100	3938
19	13.86	443	887	693	1386	1663	2217	4157
20	14.59	467	934	729	1459	1750	2334	4376
21	15.32	490	980	766	1532	1838	2450	4595
22	16.04	513	1027	802	1604	1925	2567	4813
23	16.77	537	1074	839	1677	2013	2684	5032
24	17.50	560	1120	875	1750	2100	2801	5251
25	18.23	583	1167	912	1823	2188	2917	5470

Plates

Metric units 7.85kg/mm m² - 0.7293 kg/mm ft²

Thickness	Unit	Width x Length (ft)						
t	Weight M	4 x 8 Weight / pc	4 x 16	5 x 10	5 x 20	6 x 20	8 x 20	10 x 30
mm	kg/ft ²	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
25.4	18.52	593	1186	926	1852	2223	2964	5557
26	18.96	607	1214	948	1896	2275	3034	5689
27	19.69	630	1260	985	1969	2363	3151	5907
28	20.42	653	1307	1021	2042	2450	3267	6126
29	21.15	677	1354	1057	2115	2538	3384	6345
30	21.88	700	1400	1094	2188	2625	3501	6564
32	23.34	747	1494	1167	2334	2801	3734	7001
34	24.80	793	1587	1240	2480	2976	3967	7439
36	26.25	840	1680	1313	2625	3151	4201	7876
38	27.71	887	1774	1386	2771	3326	4434	8314
40	29.17	934	1867	1459	2917	3501	4668	8752
45	32.82	1050	2100	1641	3282	3938	5251	9846
50	36.47	1167	2334	1823	3647	4376	5834	10940
55	40.11	1284	2567	2006	4011	4813	6418	12033
60	43.76	1400	2801	2188	4376	5251	7001	13127
65	47.40	1517	3034	2370	4740	5689	7585	14221
70	51.05	1634	3267	2553	5105	6126	8168	15315
75	54.70	1750	3501	2735	5470	6564	8752	16409
80	58.34	1867	3734	2917	5834	7001	9335	17503
90	65.64	2100	4201	3282	6564	7876	10502	19691
100	72.93	2334	4668	3647	7293	8752	11669	21879
110	80.22	2567	5134	4011	8022	9627	12836	24067
120	87.52	2801	5601	4376	8752	10502	14003	26255
125	91.16	2917	5834	4558	9116	10940	14586	27349
130	94.81	3034	6068	4740	9481	11377	15169	28443
140	102.1	3267	6535	5105	10210	12252	16336	30631
150	109.4	3501	7001	5470	10940	13127	17503	32819

PC PILES

DESCRIPTION

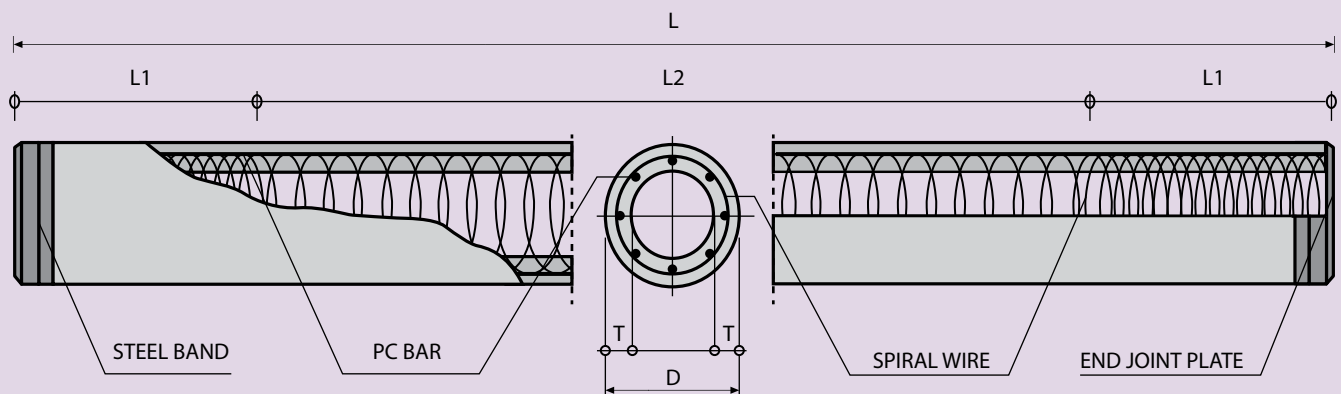
Type of Piles	Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Spun Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira Shoe (Special Order) for PC Spun Pile
Method of Driving	Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving : Hydraulic Static Pile Driver (Jacking Pile)

DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543R - 00 SNI 03 - 2847 - 2002	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

SPUN PILE WITH TEKCON TECHNOLOGIES, WIKAL CLT STANDARD

UPPER / MIDDLE PILE (DOUBLE JOINT)

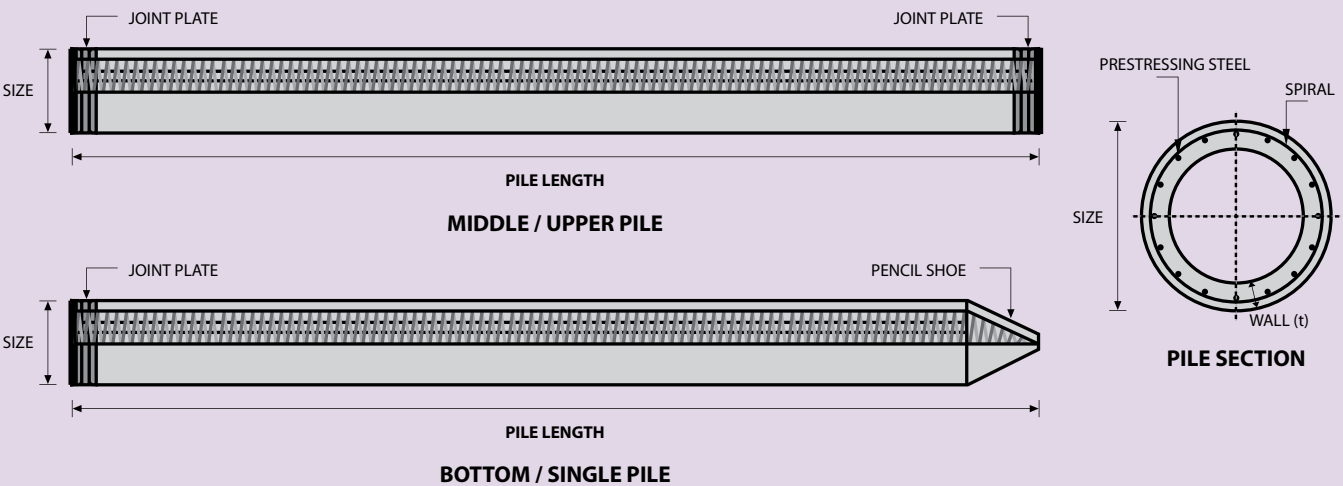


Outer Diameter of Piles D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Spiral Wire Diameter (mm)	Pitch		Length of Pitch	
			Zone L1 (mm)	Zone L2 (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)
300	60	3.2	50	100	900	L - 2 (L1)
350	70	3.2	50	100	1050	L - 2 (L1)
400	75	3.2	50	100	1200	L - 2 (L1)
450	80	4.0	50	100	1350	L - 2 (L1)
500	90	4.0	50	100	1500	L - 2 (L1)
600	100	4.0	50	100	1800	L - 2 (L1)

MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 15 - 2049 - 2004	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 03 - 2834 - 1993 SNI 03 - 2493 - 1991	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 1999	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 1994	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 07 - 2052 - 2002	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BjTS 40 (Deformed) Steel Class : BjTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2000	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	SS400 (Tensile Strength 400 N/mm2) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS A5.1/E6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent.

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

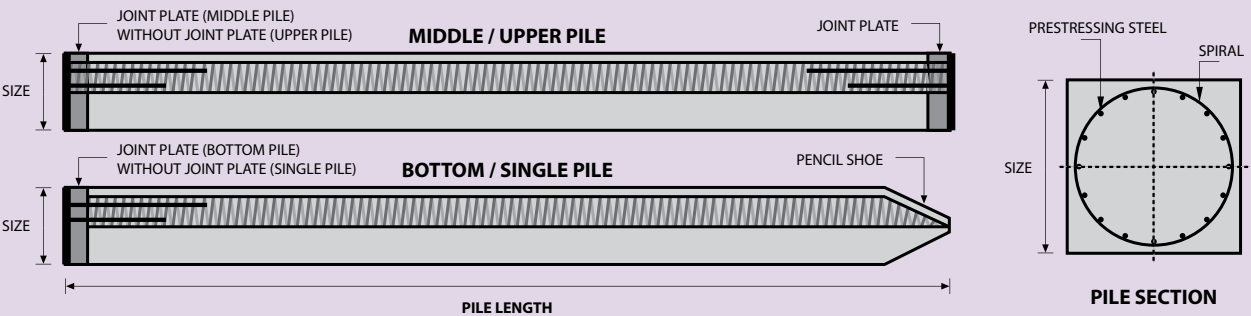
Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm^2)	Section Inertia (cm^4)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)
 **) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position
 ***) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES





Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Budi Suwanto, ST. MT. PhD
NAMA MAHASISWA	: Arit Rizal
NRP	: 3113100073
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Gedung Apartemen Grand Dhika City Jatiwarna Bekasi - Tower Emerald Menggunakan SRB KK
TANGGAL PROPOSAL	: 18 Januari 2017
NO. SP-MMTA	: 016074

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1		Perencanaan Struktur Sekunder	Permodelan Struktur	JKR
2		Pembebanan pada Permodelan Struktur	Input beban pada permodelan struktur.	JKR
3		Permodelan Struktur - kurang laku	Penambahan bracing pada struktur agar lebih laku.	JKR
4		Kontrol permodelan: periode, partisipasi mase, dll	Kontrol Struktur Utama: Bracing, Balok Induk	JKR
5		Kontrol balok akibat Pub tidak perlu, kombinasi pembebanan tidak perlu menggunakan $\pm 2.2 E$.	Kontrol Struktur Utama: Balok Induk & kolom.	JKR
6		Kontrol Struktur Utama "Balok Induk & kolom"	Perencanaan Sambungan	JKR



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. Heppy Kristijanto, Ms
NAMA MAHASISWA	: Arif Rijal
NRP	: 3113100073
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Gedung Apartemen Grand Dhiha Cty Jatiwarna Bekasi - Tower Emerald Menggunakan SRBKK
TANGGAL PROPOSAL	: 18 Januari 2017
NO. SP-MMTA	: 016074

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.		Perencanaan Struktur Sekunder	Permodelan Struktur Utama.	
2.		Kontrol drift, kontrol Respon Spektrum dan kontrol berat permodelan diunggah	Kontrol Struktur Utama Balok, bracing, dan kolom	
3.		Kontrol Struktur Utama	Perencanaan Sambungan	
4.		Perencanaan Sambungan Las pada Struktur Utama & diperbaiki lagi.	Perbaikan Sambungan & perencanaan bagi bangunan bawah.	
5.		Perencanaan bangunan bawah.		



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	:	Budi Suswanto, ST. MT. Ph. D.
NAMA MAHASISWA	:	Arif Rizal
NRP	:	3113100073
JUDUL TUGAS AKHIR	:	Modifikasi Perencanaan Gedung Apartemen Grand Dhika City Jatiwarna Bekasi. Tower Emerald Menggunakan SRBkk
TANGGAL PROPOSAL	:	18 Januari 2017
NO. SP-MMTA	:	016074

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
7.		Perencanaan Sambungan Struktur Utama diperbaiki Gambarnya	Perencanaan Bangunan Bawah.	
8.		Daya dukung 1 tiang pancang di cek ulang, konfigurasi tiang pancang di perbaiki	Konfigurasi Tiang Pancang dan perancah an pile cap.	
9.		Konfigurasi Tiang pancang di kurangi lagi.		

BIODATA PENULIS



Arif Rijal

Lahir di Lampung, pada tanggal 6 Oktober 1995, merupakan anak ke-2 dari 4 bersaudara dari pasangan Abdul Halim Hamid dan Happy Fajriati.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 1 Braja Sakti dan lulus pada tahun 2007, SMPN 1 Way Jepara dan lulus pada tahun 2010, serta SMAN 1 Way Jepara dan lulus pada tahun 2013. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan sarjana jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya terdaftar dengan NRP 3113100073.

Penulis adalah mahasiswa Program Sarjana (S1) di jurusan Teknik Sipil FTSP ITS dengan bidang Studi Struktur.

Email : arifrijal11@gmail.com